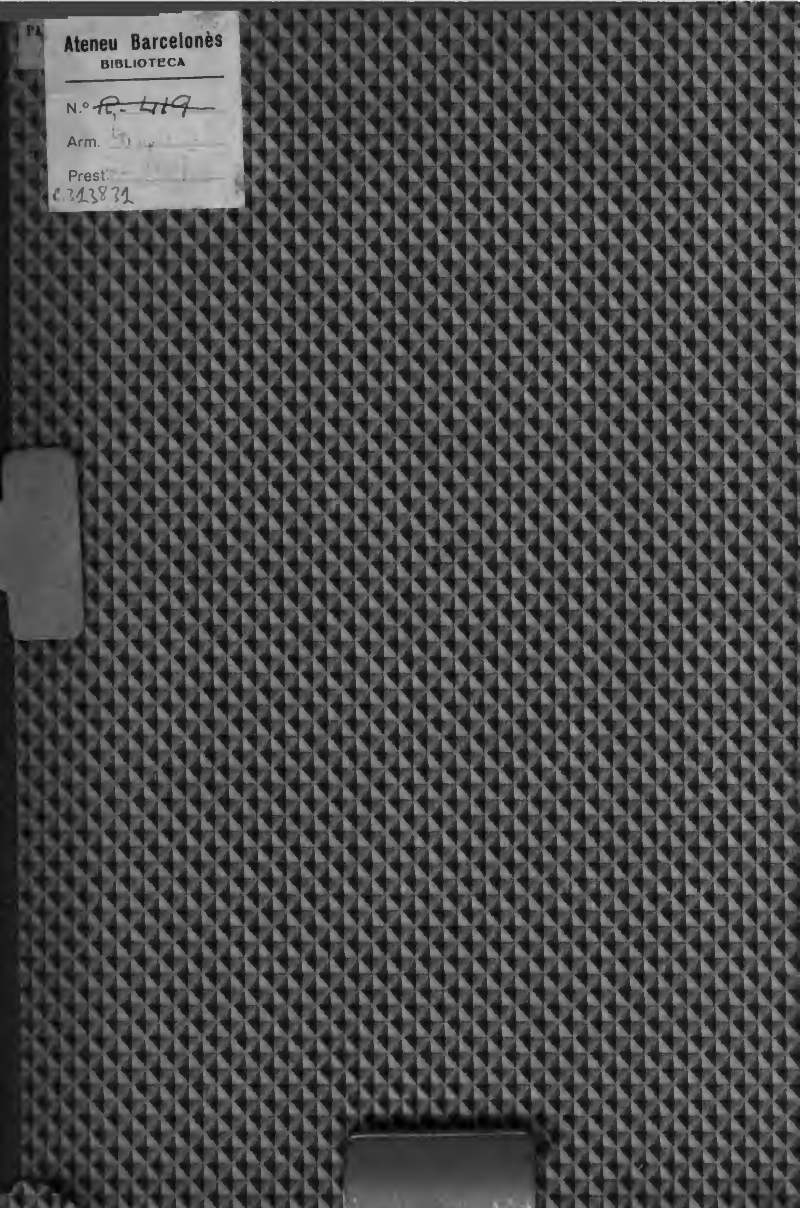
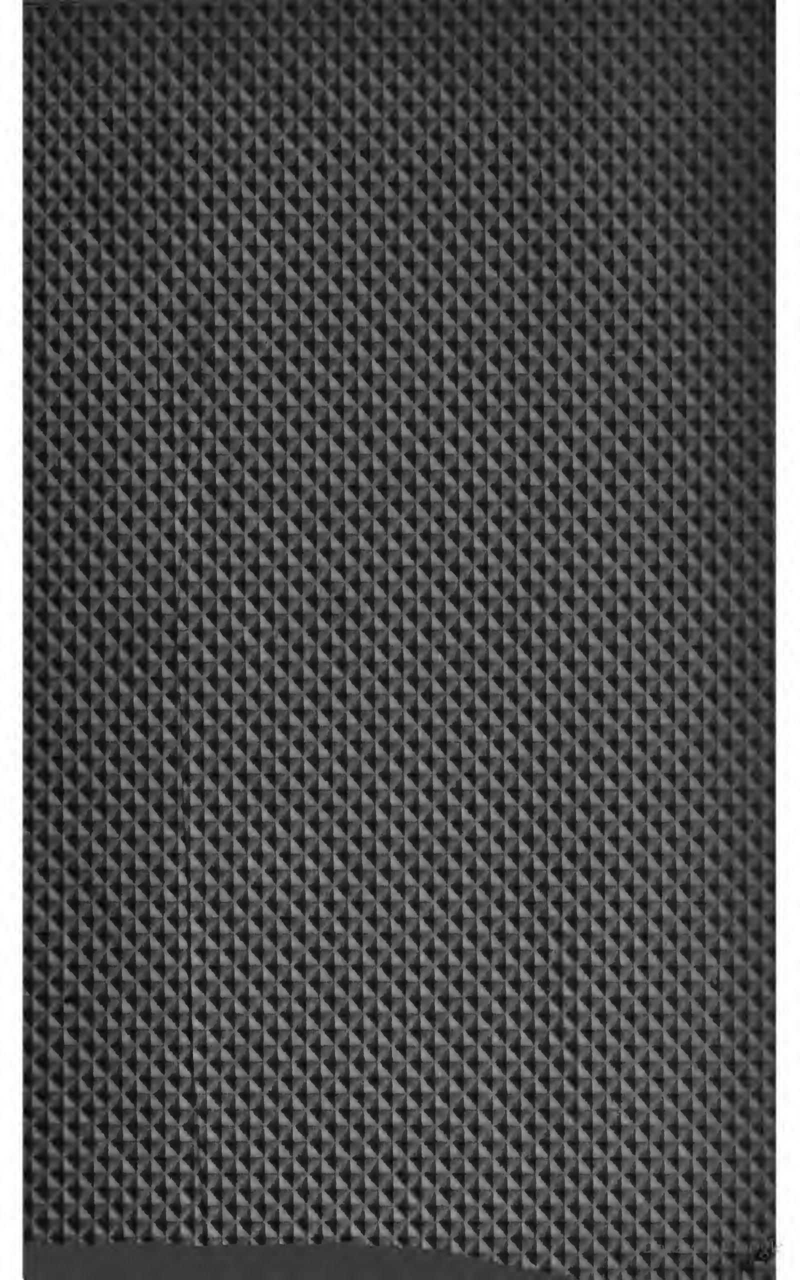
PUBLICATION INDUSTRIELLE DES MACHINES, OUTILS ET APPAREILS LES...

Armengaud




Ateneu Barcelonès
BIBLIOTECA
N.º
Arm.
Prest.



PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE ET Ce
RUE SAINT-BENOÎT, 7.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES

OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS PERFECTIONNÉS ET LES PLUS RÉCENTS

EMPLOYÉS

DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR

M. ARMENGAUD AINÉ

INGÉNIEUR, PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT ET DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

TROISIÈME ÉDITION

Revue, corrigée et augmentée de nouvelles Notices industrielles

Qui peut mettre un terme à la perfectibilité humaine ?

TEXTE

TOME DEUXIÈME

PARIS
CHEZ L'AUTEUR, 45 RUE SAINT-SÉBASTIEN
L. MATHIAS, 15 QUAI MALAQUAIS

1851

AVERTISSEMENT

POUR LES

TROISIÈME ET QUATRIÈME ÉDITIONS DU DEUXIÈME VOLUME

Nous publions une nouvelle édition du deuxième volume de notre Recueil; nous l'avons revu avec un très-grand soin, et nous y avons intercalé de nouvelles notices sur les procédés industriels qui ont eu le plus de retentissement.

L'Atlas a reçu aussi de nouvelles améliorations. Indépendamment des figures qui ont été retouchées ou refaites, nous avons accompagné chaque planche du numéro correspondant à la page du texte. Cette mesure a été étendue également au premier volume et le sera successivement à tous de manière à éviter d'arides recherches.

En répétant ce que nous avons dit ailleurs, que nous donnions sur les machines non-seulement tous les documents précis qui en rendent l'étude intéressante et la compréhension facile, mais encore les perfectionnements qui y ont été apportés et les calculs qui servent à les établir, nous ajouterons que nos planches sont toutes dessinées à l'échelle, d'après des machines exécutées, et gravées avec le soin le plus rigoureux.

La *Publication Industrielle*, traduite maintenant en plusieurs langues, répandra donc, comme nous en avons conçu l'espoir à son apparition, la connaissance des machines-outils les plus complètes, les moteurs et les appareils de fabrication les plus intéressants.

Pour en donner une idée, nous allons citer quelques-uns des

principaux articles contenus dans les volumes suivants : Moulins à blé par courroies. Machines-outils. Machines agricoles. Scieries. Filatures du lin, du chanvre, de la soie, du coton, de la laine, etc. Machines à vapeur. Roues hydrauliques. Bateaux à hélice. Presses hydrauliques, à vis, etc. Marteaux à vapeur. Machines à papier. Machines-locomotives. Machines à clous. Appareils à sucre. Tissage. Machines à l'usage des forges. Turbines. Meunerie. Machines à deux cylindres. Ensemble divers de grandes industries, tels que : sucreries, ateliers de construction, forges, filature, moulins, etc.

Nous remercions de nouveau nos souscripteurs pour le persévérant accueil qu'ils font à notre travail ; nous nous appliquerons constamment, pour justifier notre titre, à les tenir au courant des machines, procédés ou appareils les plus intéressants, sous le double rapport commercial et manufacturier.

GRANDE PLATE-FORME

POUR

TAILLER LES ROUES D'ENGRENAGES SUR TOUTES LES DIMENSIONS

PAR

M. CARTIER, mécanicien à Paris

(PLANCHES 1, 2 ET 3)

De toutes les machines en usage pour diviser et tailler les dents des roues d'engrenages, nous n'en connaissons pas qui soient établies sur des dimensions aussi grandes que celle que nous nous proposons de donner dans cette livraison, et qui a été entièrement construite par M. Cartier, habile mécanicien, dont nous avons déjà eu l'occasion de faire connaître les travaux.

Généralement appliquées à tailler des engrenages de petits diamètres, soit pour l'horlogerie, soit pour la filature, les plates-formes n'étaient établies que sur des échelles trop restreintes, et celles qui avaient un plateau d'un mètre de diamètreé taient déjà considérées comme très-fortes. Ce n'est que depuis peu d'années qu'on a réellement pensé à construire de ces machines, pour tailler des engrenages propres aux transmissions de mouvement des premiers moteurs aux appareils à mouvoir. On a dû nécessairement alors augmenter les proportions des plates-formes. Toutefois, soit que l'on ne comprît pas toutes les applications de ces instruments, soit qu'on ne sût pas combiner les outils nécessaires, elle ne furent pendant longtemps destinées qu'à tailler les dents de bois des engrenages, mais non les dents de fonte. Ainsi, jusqu'à ces dernières années, les roues à dents de fonte ont toujours été taillées à la main, et le sont encore dans la plupart de nos ateliers de construction, dans ceux mêmes qui occupent depuis longtemps les machines à diviser.

Il n'est pas de constructeurs qui ne connaissent aujourd'hui toute l'imperfection des roues taillées par les ouvriers on sait très-bien que, quelle que soit l'habileté d'un ajusteur, il est impossible qu'il puisse faire toutes les dents d'un même engrenage parfaitement égales, il ne peut apporter

dans ce travail la même régularité, la même précision, qu'une plate-forme bien divisée, bien construite. On sait bien aussi que le travail de l'homme, lorsque surtout il est appliqué à des ouvrages de précision, devient extrêmement coûteux, et qu'il ne peut soutenir la concurrence avec des instruments disposés pour faire ces mêmes ouvrages; et cependant, malgré ces motifs la taille des engrenages à dents de fonte ou de fer ne se fait pas mécaniquement. C'est qu'aussi la fonte et le fer ne se travaillent pas comme le bois ou comme le cuivre, et les difficultés qu'ils présentent, augmentant avec les proportions des pièces, ne permettent pas toujours à une machine, qui fait une opération sur des métaux d'une certaine nature, d'opérer pareillement sur des métaux de nature différente. Et puis d'ailleurs, il faut le dire, il y a vingt ans à peine, la mécanique était bien moins avancée que de nos jours : on ne cherchait pas à apporter dans la confection des machines et des transmissions de mouvement cette précision extrême que l'on exige aujourd'hui; on ne s'occupait pas, comme on le fait actuellement, des moyens, des procédés mécaniques à l'aide desquels on effectue une foule d'opérations qui ne se faisaient qu'à la main.

On comprend maintenant l'importance de la grande perfection apportée dans l'exécution des roues dentées; on sait fort bien distinguer un engrenage bien fait de celui qui ne l'est pas, ou qui même serait passable. On sait aussi que, lorsque les roues sont bien taillées, on peut réduire les dimensions des dentures, proportionnellement beaucoup au-dessous de celles adoptées. Tous les jours, à mesure que l'exécution de ces pièces devient meilleure, on s'aperçoit que les dentures sont plus fines. Nous sommes persuadé qu'on les réduira encore, malgré les règles établies, parce qu'on reconnaîtra que les dents s'usent d'autant moins qu'elles sont mieux faites, plus régulières, et qu'elles engrènent à un plus grand nombre à la fois. Déjà nous avons eu plus d'une occasion d'en faire l'expérience, avec M. Cartier, dans la construction de nos mouvements des moulins à l'anglaise, en faisant des engrenages avec des dentures beaucoup plus faibles que celles qui avaient été établies par les meilleurs praticiens. Ainsi, dans des moulins de huit paires de meules, nous avons donné aux dents de la roue horizontale et des pignons montés sur les fers de meules, 33 millimètres de pas seulement, sur 0m13 de largeur, lorsque précédemment on donnait 45 ou 50 millimètres de pas, avec la même largeur. Aujourd'hui nous réduisons le pas à 27 millimètres, ce qui ne donne pas aux dents des pignons plus de 12 millimètres d'épaisseur, et nous sommes certains que nous serons naturellement amenés à le réduire encore. Toutefois il faut être prudent et être d'ailleurs bien sûr de soi avant de se décider à adopter d'aussi faibles dimensions, car le mécanicien est responsable, souvent pendant un an, au moins moralement, envers le fabricant chez lequel il monte des machines ou des communications de mouvement; or, il suffirait d'un accident arrivé par l'imprudence, tenue cachée, d'un employé de l'établissement, pour qu'on en reportât la faute sur le constructeur, à qui

on viendrait reprocher qu'il aurait adopté des dimensions trop faibles, tandis que réellement ces dimensions eussent été beaucoup plus que suffisantes si cet accident ne fût pas arrivé.

Avec des engrenages à fine denture, on a non-seulement l'avantage de réduire le poids de la matière, mais encore de produire un mouvement très-doux, qui se rapproche de celui de deux cylindres ou de deux cônes en contact; de tels engrenages, bien faits ne produisent plus ces saccades, ce son si désagréable et si souvent répété des roues à forte denture, grossièrement travaillées; ils deviennent au contraire, des roues d'horlogerie, des roues de précision, qui s'engrènent parfaitement, sans aucun bruit, et avec la plus grande régularité.

Il est évident que plus les engrenages sont bien divisés et bien taillés, moins on doit laisser de jeu entre les dents en contact; aussi on conçoit que la précision de la denture, dans les roues de grands diamètres, sera d'autant plus grande que la plate-forme elle-même permettra d'avoir plus d'exactitude. Or, on peut distinguer, en mécanique, deux espèces de plates-formes ou de machines à diviser :

1° L'une dans laquelle on emploie un plateau diviseur, d'un certain diamètre, pour opérer la division ;

2° L'autre dans laquelle on fait usage d'un certain nombre d'engrenages, qui, convenablement combinés et variés, permettent également d'obtenir la division nécessaire.

On conçoit sans peine que, dans le premier système de plate-forme, l'exactitude de la division sera non-seulement d'autant plus grande que le plateau aura été divisé avec plus de soin, mais encore que ce plateau sera d'une dimension en rapport avec les diamètres des roues à diviser. Nous sommes persuadé que c'est un défaut qui existe généralement dans toutes les plates-formes à plateau, que celui-ci est toujours trop petit, relativement aux engrenages que l'on y divise. Il est évident que, quel que soit le soin apporté dans la division du plateau, on ne peut mathématiquement le supposer sans erreurs; or, une erreur, même insensible, sur un cercle d'un petit diamètre, peut bien devenir très-apparente sur la circonférence d'une roue qui serait deux ou trois fois plus grande. Les ingénieurs qui s'occupent de la confection d'instruments de précision, comme des cercles répétiteurs, ont bien compris cette raison, en construisant des machines à diviser, avec des plateaux beaucoup plus grands que les cercles qu'ils divisent.

Dans le second système de plate-forme, l'exactitude de la division repose sur la précision même apportée dans la construction des engrenages, qui donnent et varient les divisions. Il ne faut pas seulement que ces engrenages aient été préalablement bien faits, bien divisés, mais il faut encore qu'ils ne laissent aucun jeu entre les dentures; il faut aussi avoir un grand nombre de roues ou de pignons de rechange pour arriver à le diviser, quel que soit le nombre des dents. Nous croyons qu'il y a une plus grande source d'erreurs à craindre dans ce système de plates-formes à engrenages, que dans

le système à plateaux, et nous sommes convaincu que, lorsque les plateaux sont piqués, on doit aller plus vite avec celui-ci qu'avec le précédent, pour opérer le changement de division.

La plate-forme de M. Cartier est à plateau, celui-ci a 2m 50 de diamètre; c'est le seul, à notre connaissance, existant en France sur une aussi grande dimension. C'est aussi la seule machine de ce genre sur laquelle on puisse faire autant d'opérations distinctes pour le travail des roues dentées en général. Ainsi, non-seulement elle divise des roues droites et des roues d'angle, de petits et de grands diamètres, des roues à denture métallique et à dentures de bois, mais encore elle tourne la surface extérieure de ces mêmes dentures. Cette opération du tournage se fait avec l'addition d'un mécanisme bien simple, et, pour les roues à dents de bois, elle peut, dans plusieurs cas, être très-avantageuse, en ce qu'elle évite le montage et le déplacement de la pièce sur un tour particulier.

Outre cette plate-forme, M. Cartier a également construit deux autres machines à diviser, à plateaux, dont l'une est spécialement appliquée à tailler les roues droites, à dents de fonte, et l'autre, établie sur de fortes dimensions, est appliquée à la taille des grandes roues cylindriques et coniques, de toutes formes et de tous diamètres, à denture de fonte ou de fer. Ces machines, à la combinaison desquels nous avons été assez heureux de coopérer, sont vraiment remarquables par le travail qu'elles font.

M. Saulnier aîné, ingénieur mécanicien très-distingué, à Paris, a aussi établi des plates-formes à plateau de grand diamètre, pour diviser des roues à dents de bois ou de fonte, soit coniques, soit cylindriques, mais nous ne sachons pas qu'il ait atteint la dimension adoptée par M. Cartier. L'une de ses machines a été publiée, il y a plusieurs années, dans un bulletin de la Société d'encouragement; elle est établie sur des dimensions très-ordinaires. M. Piat, mécanicien, qui s'occupe principalement de la confection des engrenages et des pièces de filature, en a exécuté avec des plateaux d'un mètre et peu au-dessus : MM. Pihet et Ce en ont également construit sur des dimensions analogues; ils en ont plusieurs dans leurs ateliers, dont l'une a été décrite, vers 1827, dans le journal *l'Industriel*. Chez M. André Kœchlin, de Mulhouse, il en existe une à engrenages, sur laquelle M. Saladin, habile ingénieur attaché alors à cet établissement, a fait une addition fortheureuse, et avec laquelle on peut diviser et tailler les roues de White, ou à vis sans fin, si souvent employées aujourd'hui dans les métiers de filature.

DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA PLATE-FORME DE M. CARTIER.

PLANCHES 1, 2 ET 3.

Quoique toutes les machines à diviser, à plateaux, reposent en général sur le même principe, il est juste de convenir qu'elles diffèrent essentiellement dans leur construction lorsqu'elles changent notablement de dimen-

sions. On conçoit, en effet, qu'il n'est pas possible de construire une grande plate-forme de la même manière qu'une petite, et, sous ce point de vue, nous pouvons dire que celle de M. Cartier est vraiment remarquable. Elle n'est pas seulement à distinguer par sa bonne exécution, mais encore par les bonnes proportions des pièces, en rapport avec la grandeur du plateau; aussi nous ne croyons pas flatter l'auteur en disant qu'elle peut servir de modèle dans ce genre d'appareil, si précieux pour les ateliers de construction qui s'occupent de transmission de mouvement, et de machines dans lesquelles entrent essentiellement des engrenages. Elle mérite aussi d'être remarquée par l'exactitude apportée dans la division de son grand plateau diviseur, ce qui forme la base fondamentale et importante de tout l'instrument.

Nous allons essayer de donner la description des différentes parties qui composent cette belle et intéressante machine, et des diverses opérations qu'on peut y faire; nous y ajouterons l'explication des moyens employés pour diviser le plateau, moyens qui ont été communiqués au constructeur par notre ami M. Guénet, ingénieur attaché alors au Conservatoire des arts et métiers; nous sommes persuadé qu'ils seront vus avec intérêt par nos lecteurs.

Les différentes parties que nous aurons donc à décrire consistent dans:

1° Le bâtis de la machine;

2° La hache ou le chariot porte-outils, et son mouvement; la forme des outils;

3° Le plateau diviseur, son arbre et son alidade;

4° Le porte-système pour diviser et tailler les crémaillères;

5° L'appareil à tourner la surface extérieur des dentures;

6° Le compteur ou appareil à vis tangente, pour la division du plateau;

7° Les instruments employés pour la rectification des filets de vis du plateau.

DU BATIS DE LA MACHINE.

La pièce principale qui compose le bâtis de cette plate-forme est la grande arcade en fonte A, qui présente une amplitude suffisante pour donner un libre passage au plateau (voyez l'élévation de face, fig. 1, pl. 1, et la coupe verticale, fig. 15, pl. 3). Les deux extrémités de cette arcade forment empatement pour se boulonner sur des pierres d'assise, exactement mises de niveau et à fleur du sol de l'atelier. A son milieu, elle maintient l'arbre vertical du plateau, et porte le bout des trois colonnes cylindriques et parallèles B, dont deux sont placées dans un même plan horizontal, à la partie la plus élevée de l'arcade, et la troisième est située au-dessous, dans un plan vertical, passant exactement par le centre de la machine. Ces trois

colonnes sont en fer forgé, tournées dans toute leur longueur, au diamètre de 0m100, pour porter la hache, et permettre de l'y promener indifféremment à droite ou à gauche; elles sont supportées à l'autre bout par le support en fonte C, qui est aussi boulonné solidement sur une forte pierre de taille, par laquelle il est élevé à la hauteur qu'il doit occuper, de manière à tenir les colonnes parfaitement horizontales; de forts écrous rendent ces dernières tout à fait solidaires avec l'arcade et le support, qui ne forment ainsi qu'un seul corps.

De la longueur de ces colonnes dépend nécessairement le plus grand diamètre de l'engrenage qui peut être taillé sur cette machine; elles sont telles que, lorsque le porte-outils est le plus éloigné possible du centre de l'arcade ou de l'arbre du plateau, ce qui a lieu quand il vient toucher contre le support C, on peut placer sur cet arbre une roue de 4 mètres de diamètre, et en tailler la denture. Il est bien rare que l'on emploie, dans les transmissions de mouvement de machines, des engrenages d'une aussi grande dimension, et il est encore plus rare qu'on en construise de plus considérables.

Un pourtour circulaire en fonte D forme un entourage tout autour du plateau diviseur, et est principalement destiné à supporter le plancher E, qui est placé dessus, pour garantir ce plateau, et permettre d'arriver au centre de la machine, soit pour y monter l'engrenage à diviser, soit pour faire marcher le porte-outils. Ce pourtour a aussi servi à porter le *compteur* à vis tangentielle, et les instruments propres à la division et au piquage du plateau; il a été fondu en plusieurs morceaux, qui, à chaque extrémité, portent des oreilles, pour les réunir entre eux par des boulons; il est d'une part, boulonné à l'arcade, et de l'autre, supporté de distance en distance par des équerres en fonte *a*, fixées sur le sol, et qui élèvent le plancher à peu de hauteur au-dessus du plateau.

Le plancher se compose de plusieurs planches en bois, de 27 millimètres d'épaisseur, portées sur les feuillures du pourtour, et soutenues par des traverses en fer méplat, entaillées dans leur épaisseur et fixées à vis, afin qu'il ne fléchisse pas trop sous le poids de l'homme qui est chargé de la manœuvre de l'appareil. On peut du reste enlever quelques-unes de ces planches, au besoin; et on a eu soin de ménager du côté de la pointe de l'alidade une ouverture rectangulaire assez large, qui permet de varier les divisions à volonté. Le plancher n'a pas été indiqué sur le plan fig. 7, pour laisser le plateau diviseur à découvert.

DU CHARIOT PORTE-OUTILS, ET DE SON MOUVEMENT.

Chariot et vis de rappel. — Après le plateau diviseur, la partie la plus importante de la plate-forme est sans contredit le système porte-outils; c'est aussi la partie la plus minutieuse, et qui exige le plus d'exactitude dans ses ajustements. Le constructeur, voulant mettre ce porte-outils en

rapport avec les fortes dimensions de la machine, en a bien proportionné toutes les pièces, comme on pourra s'en convaincre par les dessins fig. 2, 3, 4 et 5 (pl. 1). Le chariot proprement dit se compose d'une colonne verticale et cylindrique F, fondue avec une large et forte base rectangulaire, qui est ajustée sur les deux tiges horizontales B, sur toute la longueur desquelles on peut la promener; et pour l'y maintenir de manière à conserver la verticalité de la colonne, on a appliqué, au-dessous de la base, une plaque de fonte G, de même dimension qu'elle, et retenue par six boulons à écrous, que l'on serre assez fortement pour que la plaque et la base de la colonne, étant rapprochées, ne puissent prendre de jeu, mais pas assez cependant pour ne pas pouvoir les faire glisser ensemble sur les grosses tiges B.

Dans l'intérieur, et au milieu même de la base et de la plaque G, se trouve logé un écrou en cuivre fileté *b* (fig. 3 et 15), qui engrène avec la longue vis de rappel H, à filets carrés. Cette vis, située dans le même plan horizontal que les deux colonnes supérieures B, est presque de la longueur de celles-ci; à l'une de ses extrémités est montée une roue droite dentée *c*, qui engrène avec un pignon très-petit *d* (fig. 7), à l'aide duquel on lui donne un mouvement de rotation. Il est évident qu'en faisant tourner la vis, son écrou *b* est forcé de marcher, puisqu'il est pris dans l'intérieur du chariot; celui-ci marche donc aussi, et il suffit de tourner à droite ou à gauche, suivant que l'on veut faire avancer ce chariot vers le centre ou l'en éloigner. Mais, pour ne pas avoir la peine d'aller à l'extrémité de la machine pour faire cette manœuvre, comme il importe beaucoup, au contraire, de la faire pendant qu'on se trouve près de la roue à diviser, on a eu le soin de prolonger l'axe *e* du pignon, parallèlement à la vis, jusqu'à l'arcade A, en dehors de laquelle cet axe porte une manivelle *f*, que l'on fait tourner à la main, pour régler de là la position du chariot porte-outils; et comme, dans le cas de la taille d'une roue d'un grand diamètre, on pourrait être gêné pour aller tourner cette manivelle, on a placé sur le même axe *e* un petit volant, qui peut occuper sur lui diverses positions, et qui fait alors l'office de manivelle.

La colonne F du chariot est creuse dans presque toute sa hauteur, et est tournée extérieurement bien cylindrique, pour recevoir le fourreau ou l'enveloppe de fonte I, qui a été préalablement alésée à cet effet. Cette enveloppe est munie, à sa base élargie, de deux oreilles *g*, au moyen desquelles elle s'assemble par des boulons à la pièce fixe du porte-outils, et de trois vis de pression *h*, qui la retiennent solidement fixée contre la colonne, quelle que soit la position qu'on lui fasse prendre par rapport à la base de celle-ci. Il est évident que cette position est variable, non-seulement suivant que l'engrenage à tailler est plus ou moins élevé au-dessus du sommet de l'arbre, mais encore suivant que la surface extérieure de cet engrenage est plus ou moins conique (fig. 15). Pour que la pression des vis *h*, ne laisse pas d'empreinte sur la surface de la colonne, on peut loger dans l'intérieur de l'enveloppe de petits coussinets carrés en acier que ces

vis font directement appuyer contre cette surface, comme l'indique la coupe fig. 3.

Le sommet du fourreau I, est fileté extérieurement pour recevoir un chapiteau en cuivre J, qui, rétréci à sa partie supérieure, sert de buttoir à la vis de rappel *i*, à l'aide de laquelle on fait monter ou descendre l'enveloppe. A cet effet, cette vis traverse un écrou en bronze *i'*, fixée sur la base supérieure de la colonne F, et recouvert d'une forte rondelle en fer. Une embase cylindrique, forgée avec la vis, s'appuie sur cette rondelle, et contre celle plus petite qui est solidaire avec le chapiteau ; il en résulte qu'en tournant la vis par une clé à béquille *j*, qui est placée à son sommet, on la fait en même temps descendre ou monter (puisque son écrou est fixe); le chapiteau, et par suite l'enveloppe I, qui font corps, sont obligés de suivre le mouvement descensionnel ou ascensionnel, sans cependant tourner comme elle. Une petite soucoupe *j'*, placée au-dessus du chapiteau, recouvre cet ajustement, qui est ainsi mis à l'abri de la poussière.

Sur deux parties diamétralement opposées de l'enveloppe sont adaptées deux platines en fer, dont l'une *k*, donne passage à la règle méplate *l*, et l'autre *k'*, plus grande, donne place au pignon denté *m*, engrenant avec la crémaillère *l'*, de même longueur que la règle précédente. Cette règle et cette crémaillère sont assemblées, par articulation, à des oreilles rapportées à la plaque principale K du porte-outils, pour la réunir à l'enveloppe, tout en lui permettant de prendre les diverses inclinaisons correspondantes au cône des dents à tailler.

Ainsi, la plaque K peut avoir trois espèces de mouvements bien distincts ;

1° Le mouvement circulaire horizontal, résultant de ce que l'enveloppe I, à laquelle elle est liée, peut tourner autour de la colonne F du chariot;

2° Le mouvement rectiligne vertical, qui résulte aussi de ce que cette même enveloppe peut monter et descendre sur sa colonne ;

3° Le mouvement circulaire vertical, qui lui donne toutes les inclinaisons possibles depuis la ligne verticale jusqu'à la ligne horizontale, ou depuis 0° jusqu'à 90°.

Cette faculté de pouvoir ainsi faire prendre au porte-outils toutes les positions est très-importante dans une machine à diviser les engrenages, parce qu'elle permet de tailler toutes les dentures droites ou inclinées, cylindriques ou coniques.

Pour maintenir la plaque K dans la position verticale ou oblique qu'on peut lui donner, il suffit de serrer les vis de pression qui s'appuient contre la règle *l*, et la crémaillère opposée *l'*; de même, pour changer cette position, on desserre les vis, puis on tourne à la main une manivelle montée sur l'axe du petit pignon *m*, qui fait alors marcher la crémaillère avec laquelle il engrène.

DU PORTE-OUTILS. — Contre la pièce principale K, qui est bien dressée sur toutes ses faces, est appliquée une seconde plaque rectangulaire L,

également bien dressée, et mise à fleur avec la première. Un boulon n réunit ces deux pièces à leur centre, et un second boulon n' les lie au-dessus pour les rendre solidaires; mais comme, pour tailler des dents inclinées sur des surfaces coniques ou cylindriques, il importe que la plaque L puisse osciller sur elle-même, en restant toujours dans un même plan parallèle à celui de la première pièce K, on a eu le soin d'y ménager une entaille circulaire, dans la partie traversée par le boulon n' et concentrique au boulon n (cette entaille est indiquée dans le plan coupé fig. 4). Ainsi ce dernier sert de centre à la plaque L, tandis que l'autre n' la retient contre la pièce, dans la position qu'on veut lui donner.

Sur les deux bords opposés de la plaque L, sont placés deux coulisseaux parallèles o, entre lesquels glisse à queue d'hironde le porte-outils M. Ces coulisseaux sont fixés à la plaque chacun par trois vis à tête perdue, et, pour les resserrer au besoin, de manière que le porte-outils ne puisse y prendre du jeu après un long temps de travail, sur le côté de la plaque, sont taraudées des vis dont une partie de la tête se trouve logée dans l'épaisseur des coulisseaux (voy. fig. 5), de sorte qu'en serrant ces vis, on tend à rapprocher ces coulisseaux.

Le porte-outils est en fer forgé d'une même pièce avec les deux branches coudées p et p', qui s'avancent du côté du centre de la machine pour porter l'axe q, sur lequel se monte l'outil qui doit travailler. Ces deux branches ne sont pas coudées à la même longueur, pour ne pas se trouver à la même distance par rapport au plan vertical passant par l'arbre du plateau diviseur; la branche p' est plus grande que l'autre, pour donner librement passage à la corde qui transmet le mouvement à l'axe de l'outil : on voit, en effet, sur la fig. 1 du dessin, que la gorge circulaire, ménagée à une extrémité de cet axe, pour former poulie, correspond justement à cette branche.

L'axe q est en fer forgé, tourné et percé à ses deux extrémités; une mortaise rectangulaire est pratiquée vers son milieu pour y recevoir l'outil r, qui y est retenu par une simple vis de pression. Comme cet axe doit tourner avec une très-grande rapidité, il est prudent de le faire mouvoir sur des pointes, pour diminuer le frottement, et éviter l'usure trop rapide. On voit, par la coupe horizontale faite par le centre de cet axe, fig. 6, que les pointes sont rapportées; elles sont en acier trempé, ajustées légèrement coniques aux deux bouts de l'axe, avec lequel elles font corps par le simple contact; on les en retire quand il est nécessaire de les repasser ou de les renouveler. Pour qu'elles soient constamment alimentées d'huile pendant le travail, et pour qu'en même temps cette huile ne soit pas projetée au dehors, par la grande vitesse avec laquelle elles tournent, leur bout pointu est reçu dans des petits cylindres aciérés s, percés dans toute la longueur, à leur centre, et vers l'extrémité opposée, d'un orifice latéral, par lequel on introduit l'huile, qui se rend par le trou central jusqu'à la pointe. On règle d'une part la position des cylindres s, et par suite celle de l'axe q, par des

vis buttantes, qui sont placées à l'extrémité, et taraudées dans les brides en fer t; ces brides sont fixées à demeure par des vis aux deux branches du porte-outils. Mais afin que ces mêmes cylindres ne puissent être entraînés dans la rotation de l'axe, deux autres brides en fer t' viennent les envelopper vers leurs extrémités, et les serrent fortement dans l'intérieur des branches, par des vis de pression placées au-dessous (fig. 1 et 2).

MARCHE DU PORTE-OUTILS. — Les coulisseaux et le porte-outils sont assez grands pour permettre à ce dernier d'avoir une course de près de 40 centimètres, laquelle est plus que suffisante pour tailler les dentures les plus larges qui se présentent dans la construction des machines ou des transmissions de mouvement.

On peut employer différents moyens pour faire monter ou descendre le porte-outils; le plus simple, et qui est en usage dans un grand nombre de plates-formes, est un levier que l'on attache d'un bout à un point fixe du système, puis au milieu du porte-outils, et qui, à l'autre bout, porte une poignée, à l'aide de laquelle on le manœuvre; ce moyen était appliqué, en origine, à la plate-forme qui nous occupe, mais il fut plus tard remplacé par celui que nous avons représenté sur les fig. 1, 2 et 3 de la pl. 1, parce qu'on reconnut que la marche serait plus uniforme; on conçoit en effet que l'homme, agissant sur une manivelle, peut produire un mouvement plus régulier que lorsqu'il appuie à l'extrémité d'un levier.

Sur le sommet du porte-outils on a adapté une crémaillère en fer u, à denture fine, qui engrène avec un pignon très-petit taillé dans l'axe u' même. Cet axe, prolongé horizontalement de chaque côté, est soutenu par deux supports u^2, fixés par des clavettes sur la partie supérieure de la plaque rectangulaire L; à l'extérieur, et tout à fait au bout de l'axe, est une petite roue droite v, qui reçoit son mouvement d'un pignon v' de moitié de diamètre. L'axe de ce pignon, également porté par les deux mêmes supports u^2, reçoit une manivelle qui est à la disposition de l'homme chargé de la conduite de la plate-forme. Ainsi, en tournant cette manivelle dans un sens ou dans l'autre, il fait monter ou descendre la crémaillère u, et par suite le porte-outils et l'axe q.

La vitesse avec laquelle s'effectue cette marche rectiligne du porte-outils n'est évidemment pas la même en montant qu'en descendant; c'est-à-dire lorsque l'outil travaille ou lorsqu'il revient sur lui-même à vide. En général on fait couper l'outil en descendant. Sa marche descensionnelle doit être alors très-lente, d'autant plus lente d'ailleurs que la matière est plus difficile à tailler; ainsi elle est plus faible pour la taille des dentures en cuivre que pour celle des dentures en bois; de même elle est encore plus petite pour les dentures de fonte ou de fer. Du reste, le travail est d'autant mieux fait, la denture est d'autant plus lisse, plus polie, que l'on a descendu l'outil plus lentement. Mais pour ramener l'outil à sa position primitive, après qu'il a taillé une dent, on doit nécessairement faire tourner la manivelle du pignon v' le plus rapidement possible, afin de ne pas perdre de temps.

Marche rotative de l'outil.—L'axe *q*, qui porte l'outil, n'a pas seulement un mouvement rectiligne parallèle au plan de la hache, mais encore un mouvement de rotation extrêmement rapide. Ainsi, pour tailler des roues à dents de bois ou de cuivre, on lui donne une vitesse de 1,800 à 2,000 tours par minute; souvent même cette vitesse est encore surpassée, parce que, comme elle est communiquée par une machine à vapeur, on conçoit qu'il suffit que celle-ci donne quelques coups de piston de plus dans un même temps, pour augmenter notablement la vitesse de l'outil. Ce mouvement de rotation est transmis à l'axe par une simple corde à boyau ou un cordon en coton, passant sur la gorge circulaire ménagée à l'extrémité de l'axe, et sur une poulie mobile à plusieurs gorges placée au-dessus de la machine. Nous croyons qu'on pourrait employer avec avantage des cordons en cuir, formés tout simplement avec des lanières qu'on roule en spirales pour les rendre cylindriques : nous les avons vues employées dans les transmissions de mouvement d'une belle fabrique de rubans de cardes, de M. Duchauffour (à Reims). Nous avons visité avec bien du plaisir l'établissement de cet habile fabricant, qui occupe aujourd'hui plus de 20 machines à bouter, toutes bien ingénieusement combinées.

La disposition du mouvement doit être telle que, quelle que soit la position plus ou moins élevée de la hache, la corde reste toujours également tendue, sans quoi elle glisserait par instants ou elle se romprait et exercerait une trop forte pression sur les pointes de l'axe. M. Cartier a fait l'application d'un porte-système de poulies, qui nous a paru bien simple et fort commode. Ce porte-système consiste dans un châssis fixe rectangulaire en bois, adapté, par un boulon, contre une poutre du plafond de l'atelier, et dans un second châssis, plus petit, mais mobile dans le précédent, c'est-à-dire pouvant y monter ou descendre librement, sur une longueur correspondant à la plus grande course que la hache peut avoir. Au milieu de ce châssis mobile sont adaptés deux coussinets qui portent l'arbre des poulies de commande; ces poulies sont au nombre de trois : les deux premières, placées au milieu de l'arbre, sont cylindriques, ou plutôt tournées légèrement bombées extérieurement; elles n'ont pas plus de 0m30 de diamètre sur 0m05 de large; l'une est fixe sur l'arbre pour recevoir son mouvement par une courroie d'une poulie beaucoup plus grande; l'autre est folle pour arrêter le mouvement à volonté, à l'aide d'une fourchette mise à la disposition du plate-formeur. La troisième poulie est celle à plusieurs gorges, dont nous venons de parler, et qui est placée tout à fait à l'extrémité de l'arbre. A la partie supérieure du châssis mobile est attachée une corde, qui, passant sur des poulies de renvoi, porte un contre-poids capable de tenir en équilibre toute la charge du châssis, de ses coussinets, de l'arbre et des poulies; par conséquent, lorsque la hache descend ou remonte, le châssis descend ou remonte aussi, proportionnellement, en conservant le même degré de tension, à la corde qui fait mouvoir l'axe de l'outil.

Pour que dans les différentes positions, plus ou moins inclinées, que la

hache est susceptible de prendre, la corde à boyau ne rencontre pas la branche du porte-outils, et ne soit pas gênée par elle dans son parcours, on a disposé sur la base de la colonne F, une chape en fer x, portant deux poulies en cuivre et à gorge, placées dans un même plan vertical, qui correspond exactement à celui de la gorge formée sur l'axe q.

De la forme des outils. — La forme des outils employés pour tailler les dents, varie non-seulement suivant la nature de la matière à couper, mais encore suivant les dimensions et la forme même des dentures à faire; elle varie suivant que les outils doivent faire la première ou la deuxième passe, c'est-à-dire dégrossir les dents ou les finir. Nous avons cru devoir donner quelques-uns de ces outils sur la pl. 1. Celui représenté sous le n° 1, n'est autre qu'un calibre propre à tracer les dents sur la surface de l'engrenage; il est composé d'un morceau de tôle de fer, d'un millimètre à un millimètre et demi d'épaisseur, auquel on donne préalablement la forme exacte que doivent avoir les côtés de deux dents contiguës; ce calibre placé dans l'axe q du porte-outils, se pose sur la surface extérieure tournée de la roue à diviser, et à l'aide d'une pointe à tracer très-fine, et bien trempée, on trace son contour sur cette surface, après toutefois s'être bien rendu compte, par avance, que l'engrenage était bien centré, et qu'on pouvait avoir assez de matière à enlever de chaque côté de toutes les dents. On ne se sert d'un tel calibre que lorsque la roue ne doit pas être taillée sur la machine; aussi quand on possède plusieurs plates-formes, comme chez M. Cartier, on n'a nullement besoin de tracer les dents par avance, parce que le plateau diviseur donne les divisions nécessaires, et que l'outil donne la forme de la denture.

Le n° 2 du dessin (pl. 1) représente un outil propre à dégrossir les dents de bois des engrenages. Les deux côtés latéraux qui doivent couper sont parallèles, et pour les rendre tranchants, on a eu soin de les dégager en arrière, légèrement en biseau. Cet outil est en acier trempé; destiné à ne faire que la première passe, il peut servir pour toutes les dentures de même force, quel que soit d'ailleurs le diamètre de l'engrenage, pourvu toutefois que ce soit un engrenage droit; il enlève de chaque côté des dents la quantité de bois qui est superflue, de manière à ne laisser à l'outil finisseur que juste la quantité nécessaire pour former la courbure de ses dents, et l'arrondi des fonds, lorsqu'on veut faire ces derniers à congé.

Le n° 3 montre l'outil qui termine les dents et leur donne la forme voulue qui a été déterminée géométriquement à l'avance. Cet outil est aussi en acier trempé, et dégagé en biseau à l'arrière sur tout son contour travailleur; comme la courbure des dents varie avec le diamètre de l'engrenage, lors même qu'elles seraient de même pas, on conçoit que les outils finisseurs doivent varier à l'infini, et qu'il en faut nécessairement un très-grand nombre pour toutes les espèces de roues que l'on peut avoir à tailler; mais de tels outils, pris dans de la tôle d'acier, sont rapidement

faits ; seulement il faut prendre des précautions pour bien les tremper et les faire recuire.

L'outil n° 4 est destiné à tailler de fortes dentures en bois ; il est évidé dans le milieu, afin de présenter moins de surface, et par suite moins de résistance à l'air, pendant qu'il travaille. Du reste, il est à l'extérieur le même que le précédent.

Sur le plan général de la machine représentée fig. 7, pl. 2, nous avons supposé une grande roue droite en fonte, à denture de bois : l'outil qui doit la tailler est de la forme de celui tracé n° 3, pl. 1re. On voit sur une grande partie de la circonférence de cette roue que les dents sont terminées, et que, sur une petite portion, les dents sont toutes carrées : on n'a fait qu'une première passe avec un outil semblable au n° 2.

Il est évident que, pour les dentures fines, celles qui n'ont pas plus de 12 à 14 millimètres d'épaisseur, on n'a pas besoin de faire deux passes, une seule est suffisante. Pour des dentures plus fortes, il est prudent de faire deux passes : les dents sont beaucoup plus lisses, plus polies, on risque moins d'écorcher le bois, de le faire éclater, et de détériorer les outils, surtout lorsque la quantité de bois à enlever est considérable.

Les outils désignés aux n° 5 et 6 de la même pl. 1re sont destinés à la taille des dentures des roues coniques. On sait que pour de telles dentures la partie plane des dents, appelée le *flanc*, ne peut être faite en même temps que la partie courbe. Chaque côté des dents est fait en deux fois ; par conséquent, il faut quatre passes pour tailler une dent entière. L'outil n° 5 sert à tailler les flancs, celui n° 6 taille les courbes. Ces outils doivent nécessairement avoir moins de largeur que le plus petit espace existant entre deux dents consécutives, et l'une des arêtes tranchantes ne peut toujours servir que pour tailler un même côté de toutes les dents d'une même roue, et l'autre arête sert pour tailler tous les autres côtés opposés. Le n° 5 peut s'appliquer aux dentures de toutes les roues coniques, quelle que soit leur dimension ou leur angle ; mais le n° 6 doit varier avec la denture de la roue elle-même. Quand on se sert de ces outils pour tailler une roue d'angle, il faut avoir le soin de placer le porte-outils dans une direction telle que la pointe extrême du premier outil n° 5, qui sert à faire les flancs, parcoure en descendant la ligne du fond de la dent ; et, à cet effet, avant de commencer à travailler, on trace cette ligne très-exactement sur l'engrenage ; puis on vient présenter l'outil tantôt en dedans, tantôt en dehors de la roue, pour faire coïncider sa pointe avec les deux extrémités de la ligne indiquée. On sait que cette ligne, comme toute la face plane de chaque dent, doit concourir au sommet même du cône de l'engrenage.

La courbure de l'outil n° 6 est toujours faite d'après le cône extérieur de la roue, par conséquent, elle correspond à la partie extrême la plus forte des dents ; alors, pour faire la courbe de celle-ci, on place l'outil en se guidant sur l'arête extérieure passant par les deux extrémités d'une dent, arête que l'on trace à l'avance sur la surface tournée de la denture ; cette arête

concourt également au sommet du cône de l'engrenage; elle n'est pas, par conséquent, parallèle à la ligne du fond, tracée précédemment, et qui a servi de guide pour tailler les flancs; il faut donc qu'on change de nouveau l'inclinaison du porte-outils, pour qu'il suive la direction voulue et déterminée par cette arête.

La partie droite qui termine la courbure de cet outil n° 6, ne doit réellement pas servir lorsqu'on taille la courbe de la dent; elle n'a pour objet que de raccorder cette courbe avec le flanc pour éviter un angle à la ligne d'intersection de ces deux surfaces.

La courbure de l'extrémité intérieure des dents est nécessairement plus petite que celle de l'extrémité extérieure ou du gros bout; il en résulte que la partie courbe de l'outil ne travaille pas sur toute la largeur de la dent; elle coïncide bien au gros bout, mais, à mesure qu'on approche du petit bout, la longueur de la partie en contact est moindre.

Mathématiquement parlant, on sait très-bien que la courbure des dents n'est pas la même à l'intérieur qu'à l'extérieur, puisque les diamètres des cercles primitifs et des cercles générateurs des épicycloïdes qui donnent ces courbes ne sont pas les mêmes; par conséquent, en taillant toute la courbure de la dent avec un même outil, on n'obtient pas évidemment la surface courbe rigoureuse, géométrique. Il est évident que, pour avoir cette surface exactement, il faudrait, non pas avoir un outil comme celui figuré au n° 6, mais simplement une pointe, un grain d'orge qui tracerait une suite de lignes droites concourant au sommet du cône de la roue, et s'appuyant successivement sur les deux courbes épicycloïdales.

Il serait bien en effet d'avoir une machine qui opérât ainsi géométriquement pour donner la courbure bien rigoureuse des dents. Mais remarquons cependant que, tout en satisfaisant la théorie, on ne ferait rien ou à peu près rien pour la pratique, car, pour tous les cas ordinaires qui se présentent dans l'industrie, on est toujours limité dans la largeur des dents de l'engrenage, comparativement très-restreinte par rapport à son diamètre : or, pour peu que l'on cherche à se rendre exactement compte des deux courbes que l'on doit avoir pour la partie extérieure et la partie intérieure des dents, on ne trouve pas de différence apparente dans la courbure : on les ferait coïncider ensemble ; seulement l'une est plus courte que l'autre, par conséquent, on peut fort bien se servir d'un même outil pour tailler toute la surface courbe, comme nous le disions plus haut.

Il est vrai que les rigoristes ne se satisferont pas toujours de cette raison, et voudront nécessairement qu'on suive très-exactement la courbure théorique; mais, pour peu qu'ils veuillent bien établir des comparaisons, il ne leur serait pas difficile de reconnaître que des dentures de roues d'angle taillées par des outils comme ceux que nous venons d'expliquer, marchent avec la même justesse, la même précision; et sans plus d'usure apparente que celle des mêmes roues qui seraient taillées aussi rigoureusement que

l'indique la théorie, et dans le premier cas, on aura l'avantage d'opérer avec beaucoup plus de rapidité, et par suite, avec plus d'économie.

Sans doute, en pratique, dans la construction des machines, on doit chercher à remplir les conditions de parfaite exécution et surtout d'exécution géométrique; mais lorsque la forme pratique remplit les conditions de la forme mathématique, et que cette première forme est obtenue avec plus de facilité, avec plus d'économie que la seconde, on ne doit pas, ce nous semble, hésiter pour savoir à laquelle des deux opérations donner la préférence. En machines, comme dans toutes fabrications, l'économie de la main-d'œuvre ou la rapidité du travail forme la base essentielle des succès d'un établissement.

Certes, nous n'oserions parler ainsi, si la plate-forme était destinée à tailler des roues coniques d'une largeur indéfinie, parce qu'alors on conçoit sans peine que ce que nous venons de dire ne serait pas exact et ne pourrait souffrir l'application; mais nous le répétons, dans toutes les transmissions de mouvement par engrenages employées dans les établissements industriels, la largeur des dentures est toujours très-limitée, et les diamètres des cercles primitifs intérieurs et extérieurs ne diffèrent pas si notablement entre eux, qu'ils puissent donner, par la génération des courbes épicycloïdales, ces différences apparentes.

Aussi, nous ne craignons pas de dire : faites des plates-formes avec de grands plateaux bien divisés, des pièces bien ajustées et des outils bien préparés, et vous taillerez des engrenages qui marcheront bien, et qui ne laisseront rien à désirer. Nous voulons, en fait de mécanique, de bonnes pièces, bien exécutées, et faites avec économie, mais nous ne cherchons pas les problèmes, les objets extraordinaires, qui ne peuvent être que curieux et non profitables.

Les outils qui viennent de nous occuper depuis le n° 2 jusqu'au n° 6, sont tous destinés à la taille des dentures en bois; on ne leur donne pas, en général, plus de sept millimètres d'épaisseur, et encore, ils sont souvent un peu amincis par le bout. Des outils semblables doivent être faits pour tailler les portées sur les modèles en bois des roues d'engrenages; seulement, ces portées sont généralement prismatiques, leur section est un trapèze, dont les deux bases parallèles ne sont pas égales : celle qui se trouve contre la circonférence de la roue est plus grande que l'autre, qui est à l'extérieur de la portée ; ainsi les deux côtés latéraux ne sont pas perpendiculaires à la roue; cette disposition est nécessaire pour donner de la dépouille aux portées, et afin de permettre au mouleur de pouvoir la retirer plus facilement du sable. L'outil doit alors présenter la forme indiquée n° 7, si l'on veut tailler les deux côtés à la fois. On peut aussi, pour ces modèles, au lieu de tailler les portées de cette manière, diviser et tracer leur place sur la surface extérieure de la roue, à l'aide d'une pointe à tracer, fixée à la place de l'outil sur l'axe q, puis débiter les portées à l'avance, comme des baguettes d'égale épaisseur que l'on fabriquerait

exprès, et les rapporter ensuite en les clouant sur le modèle aux places indiquées par le tracé.

Pour les dentures en cuivre, en bronze ou en autre métal de même nature, et présentant peu de dureté, on emploie des outils tout à fait analogues; seulement ils sont plus petits, parce que de telles dentures sont généralement beaucoup plus faibles que des dentures en bois. Toutefois, ces outils ne diminuent pas proportionnellement en épaisseur; on la leur conserve, au contraire, pour qu'ils ne broutent pas pendant qu'ils travaillent. Dans tous les cas, il faut toujours compter au moins deux passes pour les roues droites, et quatre passes pour les roues d'angle.

La vitesse de rotation des outils est à peu près la même pour tailler le bois comme pour tailler le cuivre ou le bronze; elle n'est généralement pas moindre de 1500 tours par minute; elle est souvent, dans cette machine de 1800 à 2000, comme nous l'avons dit. Il n'y a aucun inconvénient à marcher plus vite; au contraire, on a l'avantage de faire plus d'ouvrage dans un même temps; il est vrai qu'il faut alors une plus grande dépense de puissance.

On emploie aussi quelquefois, pour dégrossir de fortes dentures en bois, une scie circulaire de 10 à 12 centimètres, comme celle représentée sur la fig. 21; on fatigue alors moins les outils et la machine, mais il faut nécessairement un axe particulier pour recevoir cette scie; au lieu de l'axe q, on en fait un semblable à celui q' de la fig. 21. Celui-ci est fileté à son milieu, pour pouvoir y pincer la lame de la scie entre deux écrous que l'on serre fortement de chaque côté; une poulie à gorge est ménagée à l'une des extrémités de l'axe pour recevoir la corde qui doit le commander. Il est bon de remarquer que lorsqu'on travaille avec la scie circulaire, il faut toujours la faire couper en remontant la hache, au lieu de la faire couper en descendant, comme on le fait le plus souvent avec les outils expliqués plus haut. Nous avons eu l'occasion de reconnaître plusieurs fois, lorsqu'on taillait de grosses roues, que, si l'ouvrier faisait marcher la scie en descendant, elle s'engorgeait rapidement, au point qu'elle s'arrêtait souvent et qu'il était obligé de s'y reprendre à plusieurs fois, et cela quel que soit le dégagement, quelle que soit la voie qu'il eût donnée aux dents de la scie. Cet inconvénient n'avait pas lieu lorsque la scie travaillait en remontant la hache, parce qu'elle projetait toujours toute la sciure au dehors; elle ne s'engorgeait pas, et la surface coupée était toujours plus lisse, plus unie. Il est bon aussi d'éviter de courber les dents de la scie, pour augmenter la voie, parce que la surface paraît écorchée, raboteuse.

Pour tailler les dentures en fonte ou en fer, on ne peut employer les mêmes outils que pour le cuivre ou le bois; ils brouteraient et s'useraient beaucoup trop rapidement, lors même qu'on réduirait considérablement la vitesse de rotation ou leur marche rectiligne. On est obligé d'employer ou des espèces de burins ou des fraises circulaires, qui présentent en section la forme exacte de deux côtés de dents pour des roues droites, et qui ne

doivent travailler que d'un côté pour des roues d'angle. La vitesse à donner à ces fraises, comme aux burins, doit être sensiblement bien plus faible que celle donnée aux outils précédents, parce qu'elles s'échaufferaient et s'useraient vite.

Nous avons représenté sur la fig. 22 une fraise circulaire montée sur un axe particulier q^2, qui remplace l'axe q; et portant un pignon denté par lequel il reçoit un mouvement de rotation continu mais lent. Pour commander ces pignons, le constructeur a disposé un petit arbre intermédiaire, derrière le précédent, et adapté aux deux branches du porte-outils M ; il fait communiquer le mouvement à cet arbre par une courroie passant sur une grande poulie à gorge cylindrique ; il est transmis à l'axe q^2 par un pignon de même diamètre que celui y. De cette sorte, la fraise ne fait pas plus de 80 à 90 révolutions par minute. La denture de cette fraise présente la forme indiquée sur la fig. 22, où elle est représentée de face et en coupe verticale; ce sont des dentures triangulaires comme des roues à rochet, si ce n'est qu'elles suivent le contour même de la fraise, afin de mordre également sur tout ce contour.

Lorsqu'on a de petites roues à tailler, les dentures étant assez fines, on les fait venir pleines à la fonte, et à l'aide d'une première fraise méplate et cylindrique (voy. fig. 23, pl. 3), taillée sur toute sa circonférence extérieure, on fait une première passe qui forme des dents carrées; on termine avec une seconde fraise semblable à celle de la fig. 22, qui donne alors aux dents la forme exacte qu'elles doivent avoir.

Pour de fortes dentures, on passe également une première fraise mince et cylindrique de chaque côté des dents, en n'en faisant qu'un côté à la fois, puis on termine encore par une fraise qui a la largeur du creux des dents, et qui leur donne la forme sur les deux côtés en même temps, quand ce sont des roues droites; mais il faut alors qu'elles aient peu de matière à enlever. Ainsi, on fait trois passes pour tailler les dents des engrenages cylindriques ; il en faut toujours quatre pour les engrenages d'angle.

La confection des fraises cylindriques est très-minutieuse; elle exige beaucoup de soins et d'attention de la part de l'ouvrier qui en est chargé. On les fait généralement en acier fondu ; l'acier ordinaire ne convient pas, parce qu'il s'émousse trop vite, et se déforme, par suite, rapidement. La trempe de ces fraises exige aussi les plus grandes précautions pour ne pas se fausser; il faut un ouvrier habile et intelligent pour cette opération ; aussi, avec des ouvriers ordinaires, on risque d'en perdre beaucoup. En résumé, elle devient toujours fort coûteuse ; il en faut d'ailleurs un très-grand nombre pour satisfaire à toutes les formes de dentures, et, comme elles font généralement peu d'ouvrage, on conçoit sans peine que ce mode de tailler les engrenages de fonte ne soit pas préféré. Aussi M. Cartier n'emploie-t-il ces fraises que pour les roues en fonte ou en fer de très-petites dimensions; pour toutes les autres, il fait usage de machines spéciales qu'il a construites pour la taille des engrenages droits et coniques en

général. Ces machines ne sont pas seulement précieuses par la régularité et la précision des pièces qu'elles exécutent, mais encore par la rapidité avec laquelle elles opèrent, et par suite, par la grande économie qu'elles apportent dans leur confection.

Les fraises cylindriques, taillées sur leur circonférence et sur leur bases, lorsqu'elles sont appliquées à la plate-forme qui nous occupe, peuvent fort bien être employées à dresser la surface des écrous. On aurait même l'avantage de pouvoir en dresser plusieurs à la fois, en les disposant sur une même broche, fixée au centre de l'arbre du plateau diviseur, cette application se ferait ainsi plus avantageusement que sur des machines spécialement destinées au rabotage des écrous.

PLATEAU DIVISEUR, SON ARBRE, SON ALIDADE.

Du grand plateau diviseur. — Comme nous l'avons dit, cette plate-forme diffère essentiellement de toutes celles existantes, par la grande proportion de son plateau diviseur, qui n'a pas moins de 2m50 de diamètre extérieur. Ce plateau se compose d'un grand disque en fonte N, de 0m310 de largeur, sur 0m030 d'épaisseur, tourné et bien dressé sur sa base supérieure ; huit bras méplats, à section rectangulaire, le réunissent à son moyeu, et le tout est fondu d'une seule pièce. Une bague en fer forgé z, a été rapportée sur toute sa circonférence extérieure, et est filetée d'un pas de vis très-fin pour faire l'office d'écrou engrenant avec la vis tangentielle du compteur, qui a servi à la division du plateau, et dont il sera parlé plus loin. Le filetage de cette bague a été effectué sur le disque même, que l'on a à cet effet monté sur un tour en l'air, puis on a appuyé contre son pourtour un taraud en acier cylindrique, bien fileté et bien trempé, auquel on imprimait un mouvement de rotation, à l'aide d'une manivelle. Ce taraud était disposé dans des supports fixes, à coulisses, qui permettaient de le rapprocher de la circonférence du disque, au fur et à mesure que ses filets pénétraient dans la matière et formaient l'écrou. La vis du compteur a été faite exactement sur la même matrice que le taraud, par conséquent, ses filets extrêmes correspondaient bien avec ceux intérieurs de la bague.

Le moyeu du plateau a été alésé à une ouverture un peu plus grande de diamètre que l'arbre vertical O qui le porte, pour permettre de le centrer très-rigoureusement, et sans forcer, à l'aide de huit vis de pression, diamétralement opposées.

La partie dressée du disque est percée d'un très-grand nombre de trous, qui donnent les divisions les plus importantes et les plus usuelles. Sa largeur a été partagée en 46 parties, par des circonférences concentriques, qui donnent chacune une division principale. Ainsi la première, celle qui est la plus proche du rebord extérieur, comprend le nombre de 1440 ; comme ce nombre renferme beaucoup de multiples, il peut servir évidemment

pour les subdivisions, comme 720, 360, 180, etc., etc. La seconde circonférence est percée de 1200 trous ; ce nombre est aussi très-divisible.

Ayant été chargé d'opérer la division de ce plateau, nous avons cru devoir choisir les nombres qui sont le plus communément employés dans les engrenages. Nous avons cherché à avoir tous les nombres indistinctement, depuis 1 jusqu'à 100 ; il y en a aussi un grand nombre de 100 à 200, et de 200 à 300 ; au-dessus de ce dernier, il est extrêmement rare d'avoir des roues qui comprennent un plus grand nombre de dents.

Si, malgré cette grande quantité de subdivisions, il arrivait que l'on eût à tailler un engrenage dont le nombre des dents n'y serait pas compris, on pourrait toujours l'obtenir à l'aide de la bague filetée qui entoure le plateau, et du compteur qu'on peut y appliquer à volonté.

De l'arbre du plateau. — L'arbre O, qui porte le plateau diviseur, est en fonte et creux, tourné extérieurement et fileté vers son milieu. Il est porté sur un pivot, et maintenu par des coussinets à sa partie supérieure. Sa pointe aciérée, qui est ajustée à sa partie inférieure, est reçue dans une crapaudine en bronze *a'* (fig. 15), et pivotée sur un grain d'acier, placé dans le fond de cette crapaudine. Celle-ci est entourée d'un manchon cylindrique exactement alésé, et dans lequel elle ne peut tourner sur elle-même, mais elle y peut monter et descendre verticalement. Ce manchon est renfermé dans la poëlette en fonte P, dont la base carrée repose sur une pierre de taille, et est assujétie par quatre boulons à clavettes et à écrous. Des vis de pression, taraudées dans l'épaisseur de la poëlette, s'appuient contre le manchon, et permettent de centrer la crapaudine, pour régler la verticale de l'arbre. Et, pour soulager celui-ci, on a placé, au centre même de la poëlette, une petite tige verticale *b'*, filetée en partie, et embrassée par un écrou à six pans, que l'on fait tourner à l'aide d'une clé *c'* ; la tige est tenue dans une petite cuvette en fonte *d'* encastrée dans la pierre, et qui l'empêche de tourner sur elle-même, de sorte qu'en tournant l'écrou, il fait monter la tige, et avec elle la crapaudine et l'arbre vertical. Cette disposition, qui est employée pour des arbres verticaux très-lourds et constamment en activité, n'est pas aussi importante dans la machine actuelle, où l'arbre fatigue très-peu, et par conséquent où l'usure du pivot n'est pas sensible, même après un grand nombre d'années ; mais on voit que le constructeur a cherché à se ménager tous les moyens de précision désirables.

Une large embase circulaire est fondue avec la partie supérieure de l'arbre, et forme plateau, quand on veut tailler sur la machine des engrenages de petite dimension, comme celui qui est représenté sur la fig. 1, pl. 1. Elle reçoit des plateaux plus grands pour des engrenages de plus fortes dimensions. Ainsi, on voit sur le plan, fig. 7, et sur la coupe verticale, fig. 15, l'un de ces plateaux Q, rapporté et solidement lié avec l'arbre par des boulons qui traversent son embase.

Au-dessous de cette embase, l'arbre est maintenu par des coussinets en

bronze e', que l'on voit en détail sur la coupe horizontale, fig. 16, pl. 3; l'un de ces coussinets est ajusté au milieu de l'arcade en fonte A, et l'autre dans un chapiteau en fonte R, rapporté contre cette arcade, et tenu par quatre boulons taraudés dans son épaisseur. La partie filetée de l'arbre est destinée à recevoir un fort écrou circulaire s, en fer (fig. 1), que l'on fait appuyer sur une clavette, laquelle sert de tête à la tige ou à la broche en fer f', qui se loge dans l'intérieur de l'arbre (fig. 15, pl. 3). Cette broche est taraudée à sa partie extrême supérieure, et porte un écrou qui vient serrer sur le centre même de l'engrenage que l'on y monte.

On peut avoir de ces broches de rechange, en en disposant une assez forte et creuse dans sa partie supérieure, pour en recevoir d'autres petites, tournées à différents diamètres, et coniques, afin que les petits engrenages qui doivent y être montés soient centrés et fixés de suite.

De l'alidade. — L'alidade, dans une plate-forme, est une pièce destinée à maintenir solidement le plateau diviseur; pendant que le porte-outils travaille et taille une dent, et à lui permettre de tourner pour changer de division. Il faut qu'elle soit assez solide et en même temps assez élastique pour ne pas déranger ou forcer le plateau; il faut aussi qu'elle puisse varier de longueur, pour pouvoir correspondre à toutes les divisions successives de celui-ci. Dans la plate-forme qui nous occupe, l'alidade est faite en deux pièces. La première T, la plus forte, a un point d'appui, pris en dehors du plateau, contre la même pierre qui sert d'assise au support de fonte C; formant douille à cette extrémité, elle peut pivoter sur un goujon g', dont la queue traverse toute l'épaisseur de la pierre; elle est de plus soutenue par un second goujon g^2, également fixe, et qui forme embase en dessous; ce goujon pénètre dans la coulisse qui a été ménagée dans la partie coudée de la pièce T, comme le montre bien le plan fig. 7, pl. 2. Cette pièce va d'ailleurs en diminuant d'épaisseur, depuis cette extrémité jusqu'à l'autre. La seconde partie T' de l'alidade est adaptée à la première, de manière à ne former avec celle-ci qu'une seule pièce; mais afin qu'elle puisse changer de longueur, cette pièce est à coulisse, et une vis de rappel sert à la régler exactement; elle se termine, à l'autre bout, par une poignée, qui permet de la soulever légèrement au-dessus du plateau diviseur, lorsqu'on veut dégager la pointe de la vis verticale h', qui pénètre dans l'une de ses divisions. La pression qu'exerce cette vis sur le plateau est considérable, et il le faut nécessairement pour que la machine ne vibre pas pendant la taille d'une dent; aussi, l'homme chargé de la conduite de la plate-forme doit déployer un certain effort pour soulever l'alidade, chaque fois qu'il change de division.

Quand, pour tailler une roue d'un nombre de dents déterminé, on se sert d'une des grandes divisions du plateau, et qu'il faut, par conséquent, pour chaque dent, sauter de plusieurs divisions à la fois, pour que le plate-formeur ne soit pas susceptible de se tromper, il repère par avance les points qui doivent lui servir, ou mieux, il se sert de l'indicateur adapté à la machine.

Cet indicateur se compose tout simplement d'une tige horizontale U, fig. 7, placée au-dessus du plancher du plateau diviseur et adaptée à une douille en fonte U′, qui embrasse l'arbre assez exactement, sans cependant être susceptible d'être entraînée par lui. A l'extrémité cylindrique de cette tige est ajustée une bague mobile, portant une seconde tige plus petite et disposée pour pouvoir prendre diverses positions au-dessus du plateau. Sur cette seconde tige sont montées deux douilles i^2 i^2, qui portent chacune une pointe descendant jusque vers le plateau. Comme ces douilles sont libres sur la tige, elles peuvent se rapprocher ou s'écarter à volonté, et être maintenues à distance par des vis de pression. Ainsi, lorsqu'on veut se servir de cet indicateur, il suffit de placer l'une des douilles de manière que sa pointe vienne exactement tout proche de celle de la vis h^2 de l'alidade; et la seconde, de manière que sa pointe corresponde à la division suivante, qui doit indiquer celle à prendre pour la taille des dents de la roue.

APPAREIL ADAPTÉ A LA PLATE-FORME

POUR TAILLER LES CRÉMAILLÈRES.

Cet appareil est d'une grande simplicité; il est représenté en coupe verticale sur le détail fig. 20, pl. 3. Il a pour but de transformer la division circulaire du plateau en une division rectiligne. On a fait usage pour cela d'un pignon et d'une crémaillère droite en cuivre, à fine denture, et taillés avec le plus grand soin, afin de ne pas avoir de jeu lorsqu'ils marchent ensemble. Le pignon V est monté à l'extrémité de la broche en fer f', qui est ajustée exactement au centre de l'arbre du plateau; par conséquent, il est parfaitement concentrique à celui-ci. La crémaillère V′, avec laquelle il engrène, est bien droite, et fixée latéralement par des vis sur le support mobile X. Ce support est en fonte, évidé dans plusieurs parties, et glissant à coulisse entre les deux coulisseaux j^2, qui sont boulonnés sur la chaise en fonte Y. La direction, suivant laquelle cette marche rectiligne doit avoir lieu, est exactement parallèle à l'axe qui porte l'outil à tailler, afin que les dents soient égales entre elles. La chaise Y est aussi évidée; elle se trouve portée sur les deux premières colonnes horizontales B de la machine, et peut glisser sur elles, afin de se rapprocher ou de s'écarter à volonté du centre de l'arbre, suivant le diamètre plus ou moins grand du pignon V. Pour assembler cette chaise avec les colonnes, de manière qu'elle ne puisse se déranger pendant le travail, on a boulonné au-dessous un chapeau en fonte Y′, qui embrasse également les colonnes et serre la pièce au degré convenable.

La crémaillère droite k^2, dont on veut tailler la denture, est supposée en cuivre; elle est placée sur le bord du support X, dans une direction parallèle à celle de son mouvement rectiligne. Plusieurs pattes en fer, semblables à celle représentée en f^2, sur la fig. 20, viennent, de distance en dis-

tance, la pincer fortement sur le support, et pour que ces pattes puissent servir, quelle que soit d'ailleurs l'épaisseur ou la largeur de la crémaillère à tailler, elles sont portées sur des boulons m', dont les têtes carrées se promènent dans une coulisse ménagée sur toute la longueur du support, et dont les écrous à poignée sont placés au-dessous des pattes, pour permettre de les élever plus ou moins au-dessus du plan même du support. D'autres boulons m^2, dont les têtes sont également logées dans une coulisse pareille à la précédente, ont leurs écrous qui pressent sur les pattes et les font appuyer fortement sur la crémaillère. Ces écrous sont à poignée, afin de permettre de serrer et de desserrer rapidement.

Cet appareil additionnel peut s'enlever aisément, lorsqu'on n'a pas de crémaillères à tailler.

SYSTÈME POUR TOURNER LA SURFACE EXTÉRIEURE
DES DENTS EN BOIS, SUR LA PLATE-FORME.

Jusqu'ici, avant d'apporter une roue d'engrenage à la plate-forme, pour la tailler, on tournait sur un tour la surface extérieure de la denture en bois; et pour cela, lorsque les dents étaient ajustées dans leurs cabinets, après y avoir enfoncé les chevilles de fer, on ajustait les coins qui serrent les queues, on mettait dans l'espace plus ou moins étroit, resté vide entre chaque dent, des cales de bois, afin de remplir ces vides et d'empêcher par là que les dents ne s'éclatent en les tournant. M. Cartier a pensé qu'en effectuant le tournage sur la plate-forme, on éviterait non-seulement le placement et le déplacement de la pièce sur le tour spécial, mais encore le remplissage qui prend du temps et qui est d'autant plus inutile qu'on est dans l'obligation d'enlever ces cales avant de tailler les dents.

Il y est parvenu par un instrument bien simple et qu'il est bien facile d'appliquer au porte-outils. Ainsi, après avoir retiré l'axe q, qui doit porter l'outil à tailler la denture, il adapte contre la pièce M une petite chaise en fonte Z, représentée sur les fig. 17 et 19. Cette chaise porte deux axes, l'un n^2, qui est vertical et qui est muni d'une lame d'acier un peu longue o'; l'autre q^3, qui remplace le premier q et qui transmet au précédent n^2 un mouvement de rotation très-rapide, par les deux petites roues d'angle p^2. Ce mouvement lui est d'ailleurs communiqué de la même manière qu'à l'axe primitif par la même corde, qui passe naturellement sur la gorge de la petite poulie montée à son extrémité.

Il est aisé de concevoir, en voyant cette disposition, que, si l'on place le porte-outils M, vertical, et qu'on l'approche convenablement de la surface de la roue à tourner, comme les fig. 18 et 19 l'indiquent, la lame o' viendra dans sa rotation dresser cette surface ; il suffira à l'ouvrier chargé de conduire la machine de faire tourner légèrement le plateau pour que les dents de la roue se présentent successivement à l'action de la lame. Celle-ci coupe par le bout et en même temps par l'arête horizontale inférieure,

quand elle dresse la face supérieure de la denture; elle coupe par l'arête supérieure parallèle, pour dresser la face inférieure de la denture, parce que, comme on ne doit pas déranger l'engrenage pour tourner cette seconde face, il suffit de descendre le porte-outils, et avec lui la lame o'.

Cette lame tourne, comme on voit sur les figures, dans un plan horizontal, pour dresser les deux faces parallèles d'une denture droite; mais pour tourner les faces correspondantes d'une denture de roue d'angle, il faudrait évidemment incliner le porte-outils, parallèlement à la surface du cône primitif de cette roue, de manière à faire tourner la lame dans des plans perpendiculaires à la direction de la génératrice de ce cône. Il se présente alors une difficulté, c'est que, pour tourner la surface intérieure correspondant au petit bout des dents, on ne peut pas toujours le faire, ou il faudrait avoir une lame très-courte, et encore pour des roues qui ne seraient pas trop petites de diamètre. Pour la surface extérieure du gros bout des dents, on la tourne comme les dentures droites.

Cette application a beaucoup d'analogie avec celle qui a été faite par le même constructeur sur une machine à percer, pour préparer les tenons ou les queues des dents de bois des engrenages, comme on a pu le voir dans la première livraison du 1er volume.

Pour tourner les surfaces cylindriques ou coniques de la denture, on n'a pas besoin de cet appareil porte-lames; il suffit évidemment de remonter l'axe q à sa position primitive, et d'y ajuster une lame tranchante par le bout, au lieu de celle qui doit déterminer la forme des dents : cette lame doit avoir une largeur un peu plus grande que l'épaisseur des dents. En réglant la hache de manière que cette lame vienne toucher une dent dont la longueur est limitée d'avance, on lui imprime un mouvement de rotation, en faisant descendre la hache au fur et à mesure, et en maintenant la roue, à la main seulement, sans avoir besoin de fixer le plateau diviseur. Quand la lame est descendue au bas de sa course, on tourne la roue d'une dent seulement, pour en présenter une nouvelle à son action, et ainsi de suite.

TRAVAIL DE LA MACHINE.

Nous avons pensé que, pour juger de la rapidité du travail de cette machine, principalement appliquée à la taille des dentures en bois, il serait intéressant de mentionner quelques-unes des expériences que nous avons eu occasion d'y faire, et qui sont toujours, pour l'industriel, plus certaines, plus positives que toutes les théories qu'on pourrait en donner.

Pour tailler une roue droite de 2m30 de diamètre, portant 210 dents en bois de cormier sec, ayant 0m034 de pas, 0m019 d'épaisseur, et 0m110 de largeur, sur 0m063 de hauteur, on a fait marcher la plate-forme par une roue de volée, sur l'arbre de laquelle étaient deux manivelles que deux hommes mettaient en mouvement.

Ces hommes faisaient 40 révolutions en une demi-minute, soit 80 révolutions par minute. La corde passait directement de la gorge de la grande poulie adaptée à la roue de volée, sur celle de l'axe porte-outils. Le diamètre de cette poulie était de 1^m30, celui de la gorge de l'axe 0^m038. Ainsi le rapport entre ces deux diamètres était de 1 : 36,84.

En une demi-minute le plate-formeur avait fait la première passe d'une dent, c'est-à-dire que l'outil était descendu de toute la largeur de la dent qui est de 0^m110, plus de la hauteur nécessaire pour donner dégagement à la lame, de sorte que la course entière du porte-lames était pour chaque dent de 0^m15, espace qui était ainsi parcouru en une demi-minute ou 30 secondes.

Or, le nombre de révolutions de la lame, pendant ce même temps, était de

$$40 \times 36,84 = 1474.$$

Par conséquent, on peut en conclure que l'avancement de l'outil dans le bois était de 1/10 de millimètre, à très-peu près, par chaque révolution.

Le plate-formeur mettait 20 secondes pour remonter la hache ou le porte-outils, pour changer de division et remettre en train. Ainsi, en 50 secondes, on faisait une passe complète. Les outils attaquaient des deux côtés à la fois, et celui qui a dégrossi, c'est-à-dire fait la première passe, avait beaucoup de bois à enlever. En effet, les dents brutes étaient très-rapprochées, certaines d'entre elles ne laissaient pas plus de 4 à 5 millim. d'écartement, d'autres en laissaient au plus 7; et, à la première passe, l'outil à dégrossir, ayant 13 millimètres de largeur, avait ainsi à enlever, tantôt 3 millimètres de bois de chaque côté, et tantôt 4 et 4 1/2. Comme les deux côtés de l'outil étaient parallèles, les faces naturelles des dents étaient naturellement droites.

Dans le cas des plus grandes quantités de bois à enlever, l'outil s'arrêtait quelquefois, parce que la corde glissait, l'ouvrier était obligé de remonter un peu la hache, pour dégager l'outil et lui permettre de reprendre avec plus de facilité. Il a aussi ralenti très souvent la marche descensionnelle du porte-outils, pour réduire sensiblement la pression. Comme le mouvement est donné par une corde, dont le diamètre n'est pas de plus de 1 centim., on conçoit aisément que, si l'on donne trop à faire à l'outil, elle glissera sur la gorge de sa poulie d'autant plus facilement que le diamètre de celle-ci est très-petit, et qu'elle a par conséquent peu de surface de contact. Lorsque la largeur du bois à couper ne dépasse pas 2 millimètres de chaque côté, ce qui donne 4 millimètres en totalité, on est certain que l'outil ne refuse pas, pourvu qu'il soit bien préparé, bien trempé et bien affûté, et qu'on ne lui donne pas une grande pression.

Ainsi à la seconde passe, pour la taille des dents de cette même roue, les hommes marchaient avec la même vitesse ; on a conservé aussi le même

degré d'avancement de l'outil, et celui-ci ne s'est jamais arrêté. Il n'avait plus alors qu'un demi-millimètre de bois à couper de chaque côté, en partant du milieu de la dent jusqu'au fond, et 2 millimètres 1/4, également de chaque côté, à partir du milieu jusqu'à l'extrémité. Aussi on a perdu beaucoup moins de temps à la seconde passe qu'à la première, ce qui doit être évidemment.

Pour dégrossir les 210 dents, en les évidant toutes à 13 millimètres, on est resté six heures, y compris les instants de repos que le plate-formeur était obligé d'accorder aux deux hommes de temps à autre, car ils étaient fatigués. Pour finir ces mêmes dents, on n'a mis que quatre heures; ainsi, dans le premier cas, le temps employé pour dégrossir une dent a été moyennement de 103 secondes, y compris les pertes, et, dans le deuxième cas, la dent a été complétement finie en 63 secondes; sans le temps perdu, on comptait moyennement 65 secondes pour dégrossir une dent, et 50 secondes seulement pour la finir, en comprenant dans ce temps celui nécessaire pour changer de division, remonter la hache et remettre en train. Ainsi, en marchant par une machine à vapeur, comme on le faisait toujours chez M. Cartier, si ce n'est dans les cas accidentels, comme celui que nous avons cru devoir prendre pour exemple, le plate-formeur aurait pu gagner 1/3 de temps.

Cependant, si l'on voulait établir un compte de revient exact, il ne faudrait pas évidemment se baser sur le moindre temps que l'ouvrier pourrait mettre à faire son travail sur la machine, car on éprouve souvent des retards, des chômages qu'il faut de toute nécessité prendre en considération.

Aussi, quoique la roue précédente de 210 dents eût pu être complétement taillée en 6 ou 7 heures au plus, sans accidents, sans perte de temps, il est certain cependant que la journée de 10 heures, que l'on y a passée, n'a pas été trouvée trop longue; on a pu se convaincre même que les hommes n'auraient pas pu y tenir en continuant le même travail plusieurs jours de suite. La roue était pressée, on a dû faire accélérer le travail le plus possible.

Nota. La description des appareils relatifs à la division des plates-formes, et qui sont représentés sur la pl. 2, sera donnée dans la livraison prochaine. Nous devons encore à l'obligeance de M. Guénet de vouloir bien se charger de cette description.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES 1, 2 ET 3.

Pl. 1, fig. 1. Élévation de face de la machine à diviser, et coupe verticale par l'axe du plateau et du pourtour en fonte, suivant la ligne 1-2 du plan général. On n'a tracé sur cette figure qu'une très-petite roue, à denture de fonte, pour être taillée sur la machine.

Fig. 2. Projection latérale de la hache, ou de tout le système porte-outils.

Fig. 3. Section verticale, passant par l'axe de ce porte-système, faite perpendiculairement à la figure précédente.

Fig. 4. Coupe horizontale, à la hauteur de la ligne 3-4, fig. 1 et 2.

Fig. 5. Seconde coupe horizontale, faite à la hauteur de la ligne 5-6. Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/15.

La fig. 6 représente, sur une échelle plus grande que les précédentes, une section horizontale passant par le centre de l'axe *q*, et des pièces qui les portent.

Les tracés n° 1 à 7 indiquent différentes formes d'outils employés pour la taille des dentures des roues.

Pl. 2, fig. 7. Plan général de la machine, vue en dessus : on y a représenté une grande roue en fonte, à denture de bois, déjà en partie taillée, et ne laissant d'un côté qu'un petit nombre de dents carrées, qui ne sont pas encore découpées.

Les fig. 8 et 9 représentent en plan et en élévation l'instrument qui a été appliqué à la plate-forme, pour la division provisoire du plateau, et pour déterminer, par suite, la rectification des filets de vis pratiqués à la circonférence de celui-ci.

La fig. 10 désigne le tracé géométrique des divisions du plateau, en deux, en quatre et en huit parties.

Les fig. 12 et 13 donnent l'élévation et le plan du compteur et de la vis tangente, appliqués pour la division du plateau.

La fig. 14 est une coupe transversale de ce compteur, faite suivant la ligne 7-8 de la fig. 12.

Nota. *Ces figures, ainsi que les différents tracés de détails représentés sur cette pl. 2, seront décrits plus loin.*

Pl. 3, fig. 15. Coupe verticale et longitudinale par le milieu de la plate-forme, suivant la ligne 9-10 de la fig. 7, pl. 2.

Fig. 16. Coupe horizontale de l'arcade, à la hauteur de la ligne 11-12.

Fig. 17, 18, 19. Élévation, plan et profil du système appliqué au porte-outils, pour tourner la surface extérieure des dentures.

Fig. 20. Coupe verticale de l'appareil que l'on peut adapter à la plate-forme pour tailler les crémaillères droites.

Fig. 21. Détails de l'arbre et de la scie pour couper les côtés des grosses dentures.

Fig. 22 et 23. Détail des fraises circulaires, employées pour tailler les petites dentures en fonte ou en fer.

NOTICES INDUSTRIELLES

PERFECTIONNEMENTS

APPORTÉS DANS LES PROCÉDÉS DE TEINTURE ET D'IMPRESSION

SUR COTON, SOIE ET LAINE

PAR MM. J. BARNÈS, CHIMISTE, ET J. MERCIER, IMPRIMEUR.

MM. Barnès et Mercier ont fait usage avec succès, depuis quelques temps, dans la teinture et l'impression sur coton, soie et laine, d'une liqueur qu'ils appellent *aide-mordant*, qui, combinée en certaines proportions, rend en effet les mordants ordinaires plus efficaces et plus utiles, et qui nous paraît constituer un perfectionnement dans les arts indiqués plus haut. Voici la manière de préparer cette liqueur et les avantages qu'elle présente.

A 45 kilog. de fécule de pomme de terre on ajoute 170 litres d'eau, 5lit. 70 d'acide nitrique du commerce (poids spécifique 1,300) et 122 gram. de péroxyde de manganèse. L'action chimique qui se manifeste parmi ces ingrédients est abandonnée à elle-même jusqu'à ce que l'acide nitrique soit décomposé. Alors au résidu ainsi produit on ajoute 225 litres d'acide pyroligneux, et le composé formé de cette manière constitue l'aide-mordant en liqueur dont il a été question, et qui est ainsi dans l'état propre à être ajouté aux autres mordants employés dans la teinture de l'impression.

La proportion dans laquelle l'aide-mordant doit être ajouté pour produire différents mordants perfectionnés, varie suivant les propriétés chimiques et la nature des mordants auxquels on l'applique; mais l'expérience a démontré que les proportions suivantes produisaient des mordants très-perfectionnés.

Pour le noir, on prend 4lit. 50 de liqueur de fer (pyrolignite de fer), 4lit. 60 d'aide-mordant et autant d'eau, épaissi ou non, suivant la manière dont on l'applique.

Pour le pourpre, on prend 4lit. 50 de pyrolignite de fer, 9 litres d'aide-mordant et 27 litres d'eau. Pour un pourpre pâle, 4lit. 50 de pyrolignite de fer, 13lit. 50 d'aide-mordant et 54 litres d'eau; et pour un pourpre plus pâle encore, 4lit. 50 de pyrolignite, 18 litres d'aide-mordant, et de 80 litres à 100 litres d'eau.

Ces mordants perfectionnés sont appliqués, lavés et teints à la manière ordinaire.

Pour les mordants d'étain et ceux d'alumine, on suit la même règle, excepté que l'on emploie les liqueurs rouges ou autres sels d'alun, les chlorhydrates ou autres sels d'étain au lieu du pyrolignite de fer.

Dans la teinture de la soie et de la laine on ajoute l'aide-mordant avec le mordant à l'étain, au fer ou à l'alun, avec ou sans matière colo-

rante dans la même chaudière; mais, dans tous les cas, cette manière de pratiquer est abandonnée au jugement et à l'habileté de l'opérateur.

On peut, au lieu de l'acide nitrique, que nous avons indiqué, se servir de quelque autre agent d'oxygénation, tel que les chromates, le peroxyde de manganèse avec un autre acide minéral, etc., et ne pas se borner aux proportions que nous avons données pour les ingrédients qui peuvent être variés avec succès. Toute la condition à remplir consiste à conduire la décomposition aussi loin qu'il est possible sans qu'il y ait formation d'acide oxalique, et aussi peu d'acide carbonique qu'on le peut, ce qui est rendu très-facile par l'action catalitique du manganèse, qui s'oppose à la formation du premier de ces acides. De même, quoique nous ayons conseillé la fécule de pomme de terre qui réussit bien, toutes les matières amidonneuses, saccharines, ligneuses et gommeuses ont également du succès, et en général toutes celles qui renferment peu d'azote et où l'oxygène et l'hydrogène sont à peu près dans des proportions propres à former de l'eau.

FABRICATION OU FUSION DE LA FONTE AU MOYEN DE LA VAPEUR,

PAR M. PERKINS, INGÉNIEUR A LONDRES.

L'auteur propose d'employer dans la fabrication du fer, ou dans la fusion de la fonte au cubilot, un courant de vapeur passé préalablement dans un appareil à chauffer. Il remplace donc le courant d'air chaud ou froid dont on se sert actuellement, par un courant de vapeur fortement chauffée, et il annonce avoir trouvé que la quantité de vapeur nécessaire pour élever le fourneau à la température de la fusion de la fonte est environ de 45 kilogr. de vapeur pour 45 kilog. de coke, et qu'avec ces quantités on a fondu, en deux heures, 225 kilogr. de fonte dans un fourneau dont la capacité était de $0^{m}056$ cubes. Il a aussi reconnu que, pour produire cet effet, on n'a besoin que d'un bec de $0^{m}005$ de diamètre. La vapeur dégagée sous une pression de 5 kilog. par centimètre carré (1) doit être chauffée à 815° cent. avant de pénétrer dans le fourneau.

La tuyère doit avoir environ $0^{m}051$ de diamètre à l'intérieur, s'évaser en dehors sous un angle d'environ 16°, en prenant ainsi la forme d'un cône dont la plus grande base porte $0^{m}152$ de diamètre et qui a $0^{m}178$ de longueur. Le bec est placé à environ $0^{m}228$ de l'ouverture intérieure de la tuyère. Cette distance suffit pour que la vapeur entraîne avec elle une quantité d'air capable de fournir tout l'oxygène qui n'est pas donné par la vapeur.

On peut varier la pression, comme on le fait sur l'air, selon que l'exigent les dimensions du fourneau et les matières dont il est chargé, et l'on peut aussi employer l'air concurremment avec la vapeur.

L'auteur préfère cependant la pression déjà mentionnée de 4 kil. 352 par centimètre carré, mesurés sur la chaudière, et croit que les meilleures pro-

(1) En sus de la pression atmosphérique.

portions à adopter pour les générateurs sont celles qui permettent le dégagement facile, sous cette pression, d'un poids de vapeur égale à celui du combustible nécessaire dans le fourneau.

Il convient d'établir, sur le tuyau qui conduit la vapeur dans l'appareil où elle s'échauffe un registre destiné à régler la quantité employée.

Le dispositif que l'auteur trouve le plus propre pour chauffer la vapeur consiste en un serpentin composé d'un tuyau de fer de 0m025 de diamètre extérieur, et de 0m015 de diamètre intérieur, entouré d'une enveloppe en fonte assez semblable à une tuyère à eau. Il suffit de 9m140 linéaires d'un semblable tuyau, pour élever à 315° cent. la quantité mentionnée de vapeur. On peut, au reste, se servir de tout autre appareil, par exemple de ceux qui servent à chauffer l'air, et l'auteur a reconnu qu'il est même utile d'élever la température de la vapeur au-dessus de 315° cent., ce dont on s'assure facilement en voyant si le courant suffit pour fondre un petit morceau de plomb. (1).

L'auteur pense que l'on pourrait accélérer la combustion et brûler la fumée, en faisant passer un ou plusieurs jets de vapeur dans le combustible, ou bien au-dessus du combustible de beaucoup de foyers.

Il fait observer qu'avant lui on a tenté d'introduire la vapeur dans les fourneaux et les foyers, et ne réclame son privilège que pour le cas où l'on chauffe cette vapeur avant de l'employer à activer la combustion.

Il propose enfin de désinfecter les huiles en y faisant passer un courant de vapeur portée à une température assez élevée.

FABRICATION D'UNE NOUVELLE ÉTOFFE,

PAR M. CLARK, DE GLASCOW.

L'auteur combine les matières filamenteuses avec un enduit de caoutchouc.

Il soumet ces matières à l'action d'une carde, et obtient ainsi une nappe qu'il double, s'il ne la trouve pas assez épaisse. Cette nappe passe ensuite entre une paire de gros cylindres dont le supérieur l'enduit d'une dissolution de caoutchouc, que la pression y fait pénétrer, ce qui forme l'étoffe. Quand la nappe est fort épaisse, on la conduit entre une seconde paire de rouleaux, qui y applique une couche de caoutchouc de l'autre côté. L'étoffe ainsi fabriquée passe sur des cylindres chauffés à la vapeur et dont le contact achève de la sécher.

L'auteur exécute aussi son procédé en plaçant deux cardes vis-à-vis l'une de l'autre; il fait passer chacune des nappes qui en proviennent entre une paire de cylindres où elle reçoit un enduit de caoutchouc. Les deux nappes se réunissent ensuite entre deux autres cylindres dont la pression les assemble en une seule étoffe.

(1) Ou plutôt d'un alliage convenablement composé, car le plomb coule au-dessous de ce degré.

MACHINE A VAPEUR

A HAUTE PRESSION

A DÉTENTE ET SANS CONDENSATION

PAR

M. IMBERT, mécanicien à Paris

(PLANCHE 4)



L'emploi des machines à vapeur est devenu tellement général aujourd'hui, que la plupart des mécaniciens en construisent, les uns sur de petites, les autres sur de grandes dimensions, soit sur des modèles particuliers, soit sur des modèles différents; mais presque tous ont cherché à apporter des modifications dans la construction et surtout à adopter des dispositions simples et économiques. Car, comme les divers systèmes de machines ne comportent pas la même facilité d'exécution, et, par suite, la même réduction dans les prix de revient, bien des constructeurs ont dû s'attacher à celles qu'ils peuvent placer plus souvent. Ainsi, en France, on fait aujourd'hui peu de machines à basse pression, à l'exception de celles pour bateaux; celles à moyenne pression avec condensation, reconnues les meilleures, sous le rapport de l'économie du combustible, ne sont en usage que dans certaines localités, et, par suite, elles ne peuvent être établies que par des mécaniciens spéciaux.

Les machines à haute pression, avec l'application de la détente, sans la condensation, sont les plus répandues; elles sont aussi les plus simples, les plus faciles à construire. On en fait peu sans détente ou sans expansion, parce qu'on sait qu'elles consomment une quantité considérable de combustible. Celles qui sont à détente en consomment beaucoup moins, et nous verrons qu'en général elles en dépensent d'autant moins qu'elles marchent à un plus haut degré de détente. En s'attachant plus spécialement à la construction de ce genre de machines, on a dû naturellement chercher bien des moyens d'opérer la distribution de la vapeur, soit pour avoir une détente constante, soit pour en avoir une variable.

Parmi tous les procédés mis en usage jusqu'ici, et qui sont d'ailleurs applicables aux machines à basse pression, comme à celles à moyenne ou à

haute pression, nous pouvons plus particulièrement mentionner les suivants :

1° On a d'abord opéré la détente dans un second cylindre d'une capacité trois, quatre ou cinq fois plus grande que celle du premier, dans lequel s'effectue la distribution de la vapeur à pleine pression. Ainsi la vapeur admise dans le petit cylindre, après avoir opéré son effet sur son piston, se rend dans le grand, pour agir par expansion sur le piston de celui-ci. Telles sont les machines de Woolff, d'Edwards, etc.

2° Détente dans un même cylindre par un second tiroir, ajouté au tiroir de distribution. Ce moyen, qui est un de ceux les plus connus, consiste à appliquer contre la boîte de distribution, dans laquelle se meut le tiroir qui laisse entrer la vapeur alternativement au-dessus et au dessous du piston, une seconde boîte plus petite, renfermant aussi un tiroir qui vient interrompre l'arrivée de la vapeur pendant une portion de la course du piston. Ce second tiroir peut avoir une vitesse égale ou double de celle du premier, suivant qu'on lui fait faire une course plus petite ou égale à celui-ci, ou suivant qu'il doit découvrir son orifice alternativement en dessus ou en dessous, ou seulement toujours du même côté. Dans l'un comme dans l'autre cas, on peut varier le degré de détente, mais il faut pour cela arrêter la machine. Tel est le système aujourd'hui appliqué dans la machine de M. Imbert, que nous nous proposons de décrire dans cette livraison.

3° Détente par le même tiroir qui opère la distribution. Cette détente peut s'obtenir de plusieurs manières différentes : ainsi avec un excentrique simple, circulaire ou courbe, ou avec un excentrique double dont une partie peut glisser sur l'autre. Dans le cas d'un simple excentrique circulaire on donne à l'orifice d'introduction une hauteur plus grande qu'il n'est nécessaire pour l'admission de la vapeur, et au tiroir une course aussi proportionnellement plus grande, et de plus, on place le centre de l'excentrique de manière à se trouver en avant ou en arrière de la direction de la manivelle, au lieu de le placer sur cette ligne ou sur son prolongement. Mais on n'emploie ce moyen que pour de faibles détentes : excepté cependant quand on donne beaucoup de recouvrement aux tiroirs. Nous verrons ce procédé appliqué dans les machines de bateaux que nous décrirons bientôt. Dans le cas d'un simple excentrique double, une partie est combinée pour faire marcher le tiroir de manière à ouvrir l'orifice pendant une portion de la course du piston, et l'autre partie à le faire fermer, et à le maintenir fermé pendant le restant de la course ; il faut alors changer, soit l'excentrique tout entier, soit la partie qui fait fermer pendant la course, pour pouvoir varier le degré de détente. Dans des machines, comme dans plusieurs établies par M. Pauwels, par exemple, on ne fait que changer cette partie de place pour varier la détente ; mais il est très-difficile, pour ne pas dire impossible, d'éviter que l'excentrique ne produise des chocs après quelque temps de travail. Lorsqu'on emploie un double excentrique courbe, l'un glissant contre l'autre, celui-ci est seul fixe sur l'arbre ; le

tiroir doit être calculé de manière à parcourir un espace qui est environ une demi-fois plus grand que sa course ordinaire. Ce mode est employé par M. Saulnier aîné, il l'est également par quelques autres constructeurs; on le trouve compliqué, parce qu'il exige d'avoir un châssis à galet, lié à la tringle qui communique son mouvement à la tige du tiroir. Il ne permet aussi de varier la détente qu'en arrêtant la machine.

4° Détente par des glissières mobiles sur le tiroir de distribution. Ce mode, que nous avons déjà eu l'occasion de décrire avec la machine de M. Farcot (10e livraison, Ier vol.), est très-avantageux en ce que les glissières peuvent être mues par le modérateur même, et, par conséquent, la détente est rendue variable pendant la marche même de la machine. Des moyens analogues ont été proposés par M. Edwards, et appliqués sur plusieurs machines par cet ingénieur, par M. Pauwels et par quelques constructeurs anglais.

5° Détente par un disque mobile sur le disque circulaire qui opère la distribution. Ce procédé employé aujourd'hui dans les machines oscillantes de M. Cavé est d'une grande simplicité. Comme la distribution de la vapeur se fait par un disque qui reçoit un mouvement de rotation continu, et qui est percé d'un orifice qui se trouve alternativement en communication avec le conduit supérieur et avec le conduit inférieur du cylindre, on peut concevoir qu'en plaçant au-dessus de ce disque un diaphragme du même diamètre, et percé d'une ouverture semblable par laquelle la vapeur venant de la chaudière est obligée de passer, suivant que cette ouverture se trouvera plus ou moins en face de la première, celle-ci sera interceptée plus tôt ou plus tard, et, par suite, l'arrivée de la vapeur au-dessous ou au-dessus du piston sera elle-même interrompue plus tôt ou plus tard. Or, ce diaphragme est adapté à une tige que l'on peut manœuvrer à la main et maintenir dans une position fixe; il en résulte que l'on peut varier la détente sans être obligé d'arrêter la machine.

6° Détente par la soupape d'admission de vapeur. M. Maudsley et avec lui quelques autres constructeurs ont appliqué sur l'axe du modérateur à force centrifuge, une camme hélicoïde liée à la bague glissante, et agissant sur l'extrémité d'un levier mobile qu'ils font communiquer avec la soupape placée sur le tuyau de vapeur. Lorsque la camme monte, elle fait fermer la soupape et réciproquement. Ce moyen, déjà proposé depuis longtemps, a reçu d'heureuses applications dans les machines construites avec tant de soin par M. Meyer et Ce de Mulhouse; toutefois il exige que la soupape soit ajustée avec une grande précision pour fermer exactement son orifice. On conçoit qu'il puisse s'appliquer d'ailleurs, quelque soit le système de distribution, tiroirs, soupapes ou robinets. Ainsi, dans la petite machine de Maudsley, où nous avons eu l'occasion de remarquer ce mode de détente pour la première fois, la distribution avait lieu par un robinet à mouvement circulaire ou alternatif, système qui est aujourd'hui presque complétement abandonné.

7° Détente par les soupapes de distribution. Les machines, dans lesquelles sont employées des soupapes coniques pour opérer la distribution de la vapeur, reçoivent aisément l'application de la détente par les excentriques courbes qui les soulèvent et les maintiennent levées pendant une partie de la course du piston, et les laissent fermées ensuite pendant l'autre partie. M. Ph. Gengembre, qui a tant apporté de modifications dans les machines, en a établi plusieurs avec cette disposition : elles marchent parfaitement. Un grand nombre de puissantes machines du Cornouailles sont aussi établies sur ce système de distribution et de détente.

8° Enfin, on opère encore la détente par le tiroir même de distribution, lorsque celui-ci est mû à l'aide d'une combinaison de leviers et de tringles, par la bielle qui relie la tige du piston à la manivelle. Ce système a été heureusement appliqué par Hawthorn dans ses machines locomotives et par MM. Schneider frères dans leurs machines à cylindre horizontal.

Du reste, quels que soient ces différents modes d'opérer la distribution et la détente de la vapeur, on voit évidemment que l'objet est toujours le même : de laisser introduire la vapeur pendant une portion plus ou moins longue de la course du piston, et l'intercepter ensuite pendant toute la portion restante. Les calculs et les données pratiques que nous nous proposons d'exposer à la suite de cette description pourront donc s'appliquer dans toutes les machines à expansion, quel que soit d'ailleurs le système de construction que l'on voudra suivre.

Le modèle de la machine que nous allons décrire nous a paru fort simple et encore peu connu en 1812; elle est à cylindre fixe, à colonnes, avec corniche, et la manivelle directement attachée à la tige du piston; l'arbre est au-dessus. M. Imbert, chez qui nous l'avons relevée, et qui s'occupait tout spécialement de ce genre de machines, en avait construit un très-grand nombre. D'une disposition à la fois élégante et commode, elle convient beaucoup pour des forces de deux à quinze chevaux; ce constructeur en a cependant exécuté de plus puissantes : nous croyons toutefois qu'il serait prudent de ne pas en faire sur ce modèle au delà de vingt chevaux. Les soins que ce mécanicien apportait dans l'exécution de toutes les pièces de ses machines étaient tellement grands, tellement minutieux, qu'on était vraiment charmé de les voir fonctionner. Aussi, en apprenant leur bon marché et leur bonne confection, nous n'avons pas été surpris de lui en voir à cette époque un grand nombre en construction (1).

DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA MACHINE DE M. IMBERT.

PLANCHE 4.

Les principales conditions que l'on se propose de résoudre dans l'exécution des machines à vapeur sont :

1° Disposition simple, commode et solide tout à la fois;

(1) Depuis la mort de M. Imbert, son système de machine a été modifié par M. Bourdon, qui les exécute avec perfection.

2° Facilité de montage et de démontage de la machine;

3° Communication de mouvement la plus directe possible;

4° Commodité pour graisser, réparer et nettoyer toutes les pièces.

Nous croyons que la machine de M. Imbert remplit complétement toutes ces conditions.

Son cylindre à vapeur D, directement assujéti sur une plaque de fondation en fonte B, qui l'élève à peu de hauteur au-dessus du sol, sur un massif en pierres de taille, est placé entre deux colonnes de fonte A qui portent la corniche C, et par suite, le coussinet de l'arbre de couche. (Voyez les fig. 1 et 2 de la pl. 4, où la machine est représentée en élévation parallèlement au plan des colonnes, et en coupe verticale perpendiculaire à ce plan.)

Ces colonnes, la plaque et la corniche composent tout le bâti de la machine; la base carrée des colonnes est boulonnée sur la plaque, et leur sommet avec la corniche. Celle-ci forme le cintre à chaque extrémité et va se sceller dans la muraille qui sépare la chambre de la machine, de l'atelier et des appareils qu'elle fait mouvoir; de cette sorte, on n'a pas à craindre un mouvement de balancement qui pourrait avoir lieu dans le plan des colonnes, si elles n'étaient ainsi solidement reliées.

La plaque B présente la forme indiquée sur le petit plan donné fig. 3, elle reçoit à la fois le cylindre à vapeur, les colonnes et la pompe alimentaire; ainsi, toutes ces pièces, qui y sont boulonnées, sont nécessairement solidaires.

Le piston G, renfermé dans le cylindre, est en fonte, et porte deux étages de segment *b*, séparés par des coins *c*, contre lesquels pressent des ressorts à boudin, comme le représentent le plan détaillé fig. 4 et la coupe verticale fig. 2. Comme le diamètre du piston n'est que de 0m275, les segments sont seulement au nombre de trois, à chaque étage; ils viennent de fonte avec les trois coins qui les séparent. Le constructeur a fait disposer un modèle sur lequel tout revient d'une pièce, et en facilite beaucoup l'exécution. Ainsi ce modèle représente un disque circulaire d'un diamètre plus grand que celui du piston; il pourrait être évidé complétement à l'intérieur, suivant la forme des segments, mais cet évidement est en partie rempli par trois prismes triangulaires qui représentent les trois coins : le tout fait corps ensemble par une très-petite épaisseur de métal, que l'on coupe à la scie, lorsque les deux surfaces du disque sont dressées au tour. Les ressorts à boudin sont en fil d'acier trempé dans l'huile, et soutenus par des goujons taraudés dans le corps du piston, ces ressorts pressent contre le milieu de la face intérieure des coins, qui doivent toujours être disposés de manière à ne jamais venir frotter contre la paroi du cylindre. Le couvercle du piston est aussi en fonte; il s'ajuste sur lui et s'y maintient par trois ou quatre vis et par une clé qui traverse sa tige H.

Celle-ci est en fer, elle peut-être en acier, elle aurait même dans ce cas, comme on le sait, l'avantage d'être réduite des 4/10 de son diamètre; elle est ajustée conique dans le corps du piston, et liée avec lui par une cla-

vette. La partie supérieure, également conique, est assemblée à la traverse I, qui est d'une seule pièce en fer forgé. Cette traverse porte à chaque extrémité un galet ou poulie à gorge, qui, roulant entre les colonnettes en fer E, maintient la direction rectiligne et verticale de la tige du piston. Ces colonnettes sont nécessairement cylindriques : elles sont attachées d'une part aux oreilles fondues avec la bride supérieure du cylindre à vapeur, et de l'autre, à une traverse en fonte F, qui les relie aux grandes colonnes A.

La bielle J assemble la tige avec le disque ou petit volant en fonte K, qui fait l'office de manivelle. L'extrémité inférieure de cette bielle est à fourche, et porte deux paires de coussinets en bronze pour embrasser les deux tourillons perpendiculaires à la traverse I, et forgés avec elle; son extrémité supérieure porte aussi une paire de coussinets qui reçoivent le bouton *e*, ajusté conique dans l'œil ménagé au disque ou volant K, et retenu par une clavette.

Le constructeur a préféré adopter ce petit volant, au lieu de manivelle, pour faciliter le moyen d'équilibrer le poids du piston, de sa tige, de la traverse et de la bielle; ainsi une portion de la jante de ce volant est fondue creuse, c'est celle qui se trouve du côté de ces pièces, par conséquent dans la partie inférieure sur les fig. 1 et 2 du dessin, où l'on a supposé le piston à l'extrémité de sa course.

Le petit volant K est monté au bout de l'arbre de couche M, auquel il transmet son mouvement de rotation. Cet arbre est en fonte, soutenu, d'une part, par les coussinets en bronze qui sont ajustés sur la chaise L, fondue avec la corniche, et, de l'autre, par des coussinets semblables, mais plus larges, ajustés sur la seconde chaise L′, fondue avec la partie droite de la corniche qui s'applique contre la muraille; l'arbre se prolonge à travers celle-ci, et porte un engrenage qui transmet son mouvement aux appareils à mouvoir.

Entre ces deux paires de coussinets l'arbre porte, 1° le grand volant N, fondu en plusieurs parties qui sont réunies par des boulons; on voit, par la fig. 1, que ce volant passe entre les deux branches coudées à la corniche, dont l'amplitude est ainsi déterminée par le diamètre donné à celui-ci; 2° l'excentrique circulaire Y, fait marcher la pompe alimentaire; cet excentrique est en fonte, à gorge cylindrique, embrassée par une bague en fer qui fait corps avec la tringle X, à laquelle s'adapte la tige du piston de cette pompe; 3° l'excentrique circulaire P, qui fait mouvoir le tiroir de distribution et auquel est adapté un excentrique semblable P′, pour faire marcher en même temps le tiroir de la détente; 4° enfin, cet arbre porte encore une poulie à plusieurs gorges, dans l'une desquelles passe la corde qui commande le modérateur à boules représenté sur la fig. 1.

DES TROIS TIROIRS DE DISTRIBUTION ET DE DÉTENTE.

L'excentrique P, qui doit faire marcher le tiroir de distribution, porte une douille cylindrique tournée, sur laquelle est ajusté le deuxième excen-

trique P′; mais celui-ci n'est pas à position invariable; le premier seul est fixé sur l'arbre de couche, et le dernier lui est solidaire par un boulon à écrou qui les traverse dans leur épaisseur; et afin de pouvoir varier la place de l'un par rapport à l'autre, on a ménagé dans celui-ci une rainure circulaire qui permet d'opérer le changement très-rapidement. On peut donc ainsi régler la position de l'un des tiroirs par rapport à l'autre; et par suite le degré de détente de la vapeur dans le cylindre, comme nous allons le voir.

Chacun des deux excentriques est enveloppé d'une bague en fer en deux parties, qui embrasse leur gorge cylindrique; la première fait corps avec la tringle verticale Q, qui s'assemble par articulation à la tige *f* du tiroir de distribution *h*; la seconde fait corps avec la tringle plus mince Q′, qui se lie également par articulation à la tige *k* du tiroir de détente *l*.

Le premier tiroir *h* est en fonte, d'une dimension convenable, et évidé intérieurement pour permettre d'établir alternativement une communication entre l'un des orifices d'entrée de vapeur *i* et *i′*, et l'orifice de sortie i^2, et à faire durer cette communication pendant la plus grande partie de la course du piston. La boîte R de ce tiroir est en fonte, adaptée contre la partie avancée, ménagée au milieu du cylindre; elle est assez haute pour permettre au tiroir de prendre toute la course verticale qu'il doit avoir, elle est surmontée d'un stuffing-box pour former la garniture de sa tige.

Le tiroir de la détente *h* est appliqué contre la face dressée de la boîte R, et découvre alternativement en dessus et en dessous la lumière *m*, pratiquée sur cette face pour l'introduction de la vapeur venant de la chaudière; par conséquent, il intercepte plus tôt ou plus tard l'entrée de la vapeur pendant la course du piston, suivant qu'il ferme cet orifice plus tôt ou plus tard. Or, comme son mouvement dépend de la position donnée au centre de l'excentrique P′, il est aisé de concevoir qu'il faudra lui donner une certaine avance sur celui Q, qui est d'ailleurs supposé réglé pour la distribution, comme à l'ordinaire.

Mais afin que ce tiroir n'ouvre pas trop la lumière *m*, il importe de lui donner une hauteur sensiblement plus grande qu'à l'orifice, afin qu'il le recouvre assez longtemps pour le maintenir fermé pendant toute la durée de la détente. Ce recouvrement doit d'ailleurs être déterminé à l'avance, suivant la plus grande détente à laquelle la machine a été calculée.

La boîte S du tiroir de détente est aussi en fonte, mais d'une dimension plus faible que la première. Elle reçoit le tuyau en cuivre T qui y amène la vapeur de la chaudière. Ce tuyau est muni, comme à l'ordinaire, d'une soupape modératrice, qui communique avec le pendule conique construit comme ceux que nous avons déjà décrits.

Dans les premières machines construites par M. Imbert, ce constructeur avait adopté un seul excentrique pour opérer à la fois la distribution et la détente, qui avaient ainsi lieu par le même tiroir; cet excentrique n'était plus alors circulaire, mais présentait une forme analogue à celle repré-

sentée sur les fig. 9 et 10. La bague de cet excentrique était munie de deux galets aciérés, et garnie de chaque côté d'une platine en fer qui la guidait sur l'arbre. Une des parties courbes de l'excentrique faisait marcher le tiroir pour le fermer, lorsque le piston était arrivé à la moitié de sa course, par exemple. Mais on comprend aisément que, comme cette partie était invariable, on ne pouvait changer le degré de détente, qui restait ainsi toujours le même et tel qu'il avait été réglé en origine. Il est vrai que M. Imbert construisait deux ou trois excentriques semblables, mais de courbes différentes, et disposées pour obtenir des détentes au tiers ou aux deux tiers; il livrait ces excentriques avec la machine pour que le fabricant pût au besoin varier la détente; mais il fallait alors démonter l'excentrique placé sur l'arbre pour en replacer un autre, toutes les fois qu'on voulait modifier sa détente, ce qui était une sujétion à laquelle bien peu d'industriels veulent se soumettre aujourd'hui. Il faut en tout éviter les pertes de temps, et *à fortiori*, dans la machine à vapeur qui est le moteur de toute l'usine. On a fait, comme nous l'avons dit, plusieurs applications d'excentriques semblables, mais en y rapportant la partie de la courbe qui doit opérer la détente, ce qui permettait de la varier de position, mais on avait l'inconvénient que l'excentrique prenait du jeu dans la bague ou dans son châssis et produisait, surtout après un certain temps de travail, des chocs qui sont toujours désagréables et que l'on évite aujourd'hui autant que possible dans les machines.

CALCULS ET DONNÉES PRATIQUES

SUR LES MACHINES A VAPEUR A DÉTENTE.

Nous allons prendre les dimensions principales de la machine que nous venons de décrire et déterminer théoriquement les puissances qu'elle peut transmettre en marchant à différentes pressions et à différents degrés de détente.

Le diamètre du cylindre............	=	**0m 275**
La course du piston.................	=	**0m 680**
Sa surface...........................	=	**0mq 0594**
Nombre de coups doubles par minute.	=	**40**

Supposons d'abord que la pression de la vapeur arrivant dans le cylindre, se maintienne à 5 atmosphères, et qu'on veuille détendre pendant les 3/4 de la course du piston, c'est-à-dire que la vapeur n'arrive dans le cylindre que pendant le premier quart de la course.

Cette pression de 5 atmosphères est égale à $5 \times 1{,}033 = 5{,}165$ kilog. par centimètre carré; par conséquent la pression totale exercée sur la surface du piston est de

$$5{,}165 \times 594^{c} = 3068^{k}.$$

Et puisqu'il parcourt avec cette pression un espace égal au quart de la course ou

$$0^m 680 : 4 = 0^m 170,$$

il est, théoriquement parlant, capable de transmettre une quantité de travail exprimée par

$$3068^k \times 0^m 17 = 521{,}56^{km.}$$

Divisons la longueur $0^m 51$, ou les 3/4 de la course, en un nombre pair de parties égales, en quatre, par exemple, chacune de ces parties sera égale à

$$\frac{0{,}51}{4} = 0^m 1275.$$

Or, on sait que, d'après la loi de Mariotte, les volumes successivement occupés par une même quantité de gaz sont en raison inverse de sa force de pression, en admettant toutefois que ce gaz ne change pas d'état; ce principe peut être regardé comme exact dans les machines à vapeur, parce que la détente n'y est jamais poussée très-loin, et que, comme la vapeur traverse les cylindres très-rapidement et s'y renouvelle fréquemment, elle les maintient, après un certain temps, à une température très-peu différente de celle qu'elle possède elle-même. En désignant par P la pression 3068^k, trouvé au premier quart de la course, on pourra donc établir les relations suivantes :

Aux points	1	2	3	4	5
	$= 0^m 170$	$0^m 2975$	$0^m 425$	$0^m 5525$	$0^m 680$

Les pressions correspondantes étant

$P,$	$\frac{0{,}1700}{0{,}2975} P,$	$\frac{0{,}170}{0{,}425} P,$	$\frac{0{,}1700}{0{,}5525} P,$	$\frac{0{,}170}{0{,}680} P.$
ou = 3068 kil.	1764 kil.	1227 kil.	944 kil.	767 kil.

On a donc, d'après la méthode du géomètre anglais Thomas Simpson,

la somme des pressions extrêmes	$= 3068^{kil.} + 767^{kil.}$	$= 3835^{kil.}$
2 fois celles des autres pressions imp[res]	$= 2 \times 1227$	$= 2454$
4 fois celle des pressions paires	$= 4\ (1764 + 944)$	$= 10832$
	Total...............	$17121^{kil.}$

Prenant le tiers de cette quantité et multipliant par $0^m 1275$, on aura le travail produit pendant la détente

$$\text{ou } \frac{17121^k \times 0^m 1275}{3} = 727^{km} 64.$$

Ajoutant à ce travail celui = 521^{km} 56, produit avant la détente, on a pour ce travail total, produit par la vapeur pendant la course entière du piston,

$$1249^{km}\,20.$$

Déduisant maintenant de ce travail l'effet de la pression atmosphérique qui s'oppose au mouvement du piston pendant toute la course, et qui est égal à

$$1^{k}033 \times 594^{c.q.} \times 0^{m}68 = 417^{km}25.$$

Il reste pour le travail effectif du piston

$$1249{,}20 - 417{,}25 = 832^{km} \text{ environ}$$

par coup de piston ; et comme celui-ci doit donner 40 coups doubles ou 80 coups simples par minute, le travail effectif devient

$$832 \times 80 = 56560^{km.}$$

On peut arriver à calculer ce travail de la machine, et en général de toutes les machines à vapeur à détente, d'une manière beaucoup plus simple, à l'aide d'une table construite, comme l'a proposé M. Poncelet dans sa *Mécanique industrielle*, d'après le principe que, lorsqu'un volume donné de vapeur à une tension déterminée se détend d'une même quantité, il développe toujours la même quantité de travail.

La table donnée par M. Poncelet a été formée en prenant pour base des calculs la quantité de travail, par un mètre cube de vapeur, agissant à une atmosphère de pression sur un piston d'un mètre carré de surface. Nous avons cru devoir la compléter, en y ajoutant les quantités de travail produites à des pressions différentes depuis 1 jusqu'à 6 atmosphères.

TABLE DES QUANTITÉS DE TRAVAIL

PRODUITES SOUS DIFFÉRENTES DÉTENTES PAR 1 MÈTRE CUBE DE VAPEUR A DIVERSES TENSIONS.

VOLUME après la détente.	QUANTITÉ DE TRAVAIL CORRESPONDANTE POUR DES TENSIONS DE										
	1 atmosphère.	1 1/2 atmosphère.	2 atmosphères.	2 1/2 atmosphères.	3 atmosphères.	3 1/2 atmosphères.	4 atmosphères.	4 1/2 atmosphères.	5 atmosphères.	5 1/2 atmosphères.	6 atmosphères.
mètre cube.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.	km.
1.00	10333	15500	20666	25833	31000	36166	41333	46500	51666	56833	62000
1.25	12639	18958	25278	31597	37917	44236	50556	56875	63195	69514	75834
1.50	14523	21784	29046	36257	43569	50830	58092	65303	72615	79876	87138
1.75	16116	24174	32232	40290	48348	56406	64464	72522	80580	88658	96696
2.00	17496	26244	34992	43740	52488	61236	69984	78732	87480	96228	104976
2.25	18713	28069	37426	46782	56139	65495	74852	83208	93365	102921	112278
2.50	19802	29703	39604	49505	59406	69307	79208	89109	99040	108944	118812
2.75	20787	31180	41574	51967	62361	72754	83148	93541	103935	114328	124722
3.00	21686	32529	43372	54215	65058	75901	86744	97587	108430	119273	130116
3.25	22513	33769	45026	56282	67539	78795	90052	101308	112565	123821	135078
3.50	23279	34918	46558	58197	69837	81476	93116	104755	116395	128034	139674
3.75	23992	35988	47984	59980	71976	83972	95968	107964	119960	131956	143952
4.00	24658	36987	49316	61645	73974	86303	98632	110961	123290	135619	147948
4.25	25285	37927	50570	63212	75855	88497	101140	113782	126425	139067	151740
4.50	25875	38812	51750	64687	77625	90562	103500	116437	129375	142312	155250
4.75	26434	39651	52868	66085	79302	92519	105736	118953	132170	145387	158604
5.00	26964	40446	53928	67410	80892	94374	107856	121338	134820	148302	161784

Nota. La quantité de travail relative à 1 mètre cube correspond au cas où la vapeur agit sans détente et uniquement avec sa pression.

D'après cette table, si l'on voulait calculer le travail produit par le piston de la machine décrite, dans les mêmes circonstances que ci-dessus, on chercherait d'abord quel est le volume primitif de la vapeur dépensée pendant le premier quart de la course du piston, ce volume est égal à

$$0^{m.q.}\,0594 \times 0^{m}\,17 = 0^{m.c.}\,010098.$$

Or, on voit dans la table que la quantité de travail pour la détente, à quatre fois le volume primitif d'un mètre cube de vapeur à 5 atmosphères, est de

$$123290^{km};$$

par conséquent celle qui correspond au volume $0^{m.c.}$ 010098,

$$\text{est } 123290 \times 0{,}010098 = 1245^{km},$$

d'où, en déduisant le travail de la pression atmosphérique opposé au mouvement du piston,

$$\text{on a } 1245 - 417 = 828^{km},$$

quantité à très-peu près égale à celle obtenue plus haut. Ainsi, on voit qu'à l'aide de la table précédente, le calcul pour déterminer le travail d'une machine à vapeur dont on connaît le diamètre et la course du piston, la pression de la vapeur et le degré de détente, se réduit à la règle suivante :

RÈGLE. *Multipliez la surface du piston par la partie de sa course pendant laquelle il agit à pleine pression,* vous aurez le volume de vapeur dépensée ; *multipliez ce volume par la quantité de travail correspondant, dans la table, au degré de pression de la vapeur, et au degré de détente donné, puis déduisez de ce produit le travail résultant de la pression opposée au mouvement du piston, pendant toute la course, et vous aurez la quantité de travail théorique produit pendant toute cette course.*

Cette règle s'applique d'ailleurs dans les machines à haute ou moyenne pression avec ou sans condensation.

Lorsque la machine est à condensation, la pression qui s'oppose à la marche du piston est évaluée, comme nous l'avons vu dans les machines à basse pression, à $0^{km}15$ par centimètre carré, provenant du défaut de vide du condenseur. Mais lorsqu'il n'y a pas condensation, et que la vapeur s'échappe directement dans l'air, la pression qui résiste au mouvement du piston étant d'une atmosphère, est égale à $1^{k}\,033$ par centimètre carré.

Si l'on voulait estimer en chevaux la quantité de travail déterminée, il suffirait de *multiplier cette quantité par le nombre de coups simples du piston donnés dans une minute, et diviser le produit par* 4500^{km} (valeur du cheval vapeur en kilogrammètres par minute).

Ainsi, dans l'exemple précédent, le nombre de tours de l'arbre de la machine étant de 40 par 1′, le nombre de coups simples du piston est nécessairement de 80.

On a donc $828^{km} \times 80 = 66240^{km}$
et $66240^{km} \div 450 = 14{,}72$ chevaux.

Mais ce résultat n'exprime réellement que la puissance théorique de la machine : on sait que, pour vaincre tous les frottements des pistons et des autres parties mobiles de la machine, pour les fuites de vapeur, pour les refroidissements qu'elle éprouve, l'effet utile obtenu à l'arbre moteur est loin d'approcher de cette puissance ; d'après Poncelet, Morin et d'autres ingénieurs, on ne doit compter en général, pour les machines à condensation et à détente, que sur les 0,35 à 0,40 de la puissance théorique, pour des forces de 4 à 10 chevaux, sur les 0,40 à 0,45 pour les forces de 10 à 20 chevaux, et sur les 0,50 pour des forces plus grandes ; pour des machines à haute pression, sans condensation, le coefficient est quelquefois moindre encore ; il peut être réduit des 0,4 à 0,35 et même 0,30 du résultat théorique, selon les circonstances plus ou moins favorables de l'établissement de la machine, selon son plus ou moins bon état d'entretien.

Or, en prenant les 0,40 de la puissance de la machine, calculée plus haut, on trouve

$$0{,}40 \times 14{,}7 = 5{,}89,$$

c'est-à-dire que la force réelle de la machine serait de près de six chevaux effectifs, en admettant que la vapeur soit à 5 atmosphères, et qu'elle marche à détente pendant les 3/4 de la course.

Si l'on voulait calculer le travail de la même machine, marchant à détente pendant la moitié de la course, avec la même pression, on trouverait par la table et la règle précédente

$$0^{m.q.}\,0594 \times \frac{0{,}68}{2} = 0^{m.c.}\,0202$$

pour la dépense de vapeur par coup de piston,

$$\text{et } 0{,}0202 \times 87480 - 47 = 1350^{km}$$

pour le travail théorique.

Ou, en admettant toujours quarante coups doubles par minute,

$$1350 \times 80 \div 4500 \times 0{,}4 = 9{,}6 \text{ chevaux utiles.}$$

Nous allons donner, dans les tables suivantes, les dimensions principales des machines à vapeur, à haute et moyenne pressions, marchant avec ou sans détente, et avec ou sans condenseur, pour des forces différentes, depuis un cheval jusqu'à cent chevaux ; ces dimensions sont déduites de l'expérience et du calcul ; elles sont tirées d'un tableau général qui nous a été communiqué par un de nos amis ; nous ferons voir qu'elles se rapportent avec celles de plusieurs machines des bons constructeurs de France.

Il nous sera facile d'établir, d'après ces tables, la comparaison que l'on peut faire entre les divers systèmes de machines à vapeur, et celles qui sont le plus économiques sous le rapport du combustible.

Ire TABLE

DES DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES A VAPEUR A DOUBLE EFFET, SANS DÉTENTE NI CONDENSATION, MARCHANT A 5 ATMOSPHÈRES.

FORCE des machines en chevaux.	LONGUEUR de la course du piston.	VITESSE du piston par seconde.	NOMBRE de doubles coups de piston par minute.	DIAMÈTRE du piston en centimèt.	SURFACE du piston: totale en centimètres carrés.	SURFACE du piston: par cheval en centimètres carrés.	VOLUME de vapeur dépensée: par coup de piston en décimètres cubes.	VOLUME de vapeur dépensée: par cheval et par minute en décimètres cubes.	POIDS de vapeur dépensée par minute et par cheval en kilogr.
	cent.	cent.		cent.	cent. carr.	cent. carr.	déc. cubes.	déc. cubes.	kil.
1	40	70	52.50	10.0	78.54	78.54	3.142	329.94	0.846
2	50	75	45.00	13.5	143.14	71.57	7.157	322.06	0.826
4	60	80	40.00	18.0	254.46	63.61	15.268	305.36	0.783
6	70	85	36.43	21.0	346.36	57.72	24.245	294.62	0.755
8	80	90	33.75	22.7	404.71	50.59	32.377	273.18	0.700
10	90	95	31.67	24.5	471.44	47.14	42.430	268.75	0.689
12	100	100	30.00	26.0	530.93	44.25	53.096	265.46	0.681
16	110	105	28.63	29.0	660.52	41.28	72.657	260.02	0.666
20	120	110	27.50	31.2	761.54	38.23	94.745	252.30	0.647
25	130	115	26.53	34.0	907.92	36.32	118.030	250.51	0.642
30	140	120	25.71	36.0	1017.88	33.93	142.503	244.25	0.626
35	150	125	25.00	38.0	1134.12	32.40	170.118	243.02	0.623
40	160	130	24.32	39.3	1213.04	30.33	194.086	238.04	0.610
50	170	135	23.82	43.0	1452.20	29.04	246.874	235.22	0.603
60	180	140	23.33	46.0	1661.94	27.70	299.144	232.63	0.596
75	190	145	22.89	50.0	1963.50	26.18	373.065	227.72	0.584
100	200	150	22.50	56.0	2463.01	24.63	492.602	221.67	0.568
1re	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e

Des machines horizontales, construites par MM. Schneider frères, au Creuzot, ont été établies sur des dimensions analogues à celles que l'on vient de lire, comme on peut le voir dans le tableau suivant :

MACHINES HORIZONTALES

A DOUBLE EFFET ET A HAUTE PRESSION, A 5 ATMOSPHÈRES, DU CREUSOT

FORCE en chevaux.	COURSE du piston.	VITESSE par seconde.	NOMBRE de doubles coups par minute.	DIAMÈTRE du piston.	SURFACE du piston.	OUVERTURE des lumières.	COURSE des tiroirs.	ARRIVÉE de vapeur.
	cent.	cent.	cent.	cent.	cent. car.	centimètres.	cent.	d. en c.
8	55.5	90	48.64	23.0	415.48	2 sur 10	4.5	6
12	90.0	95	31.67	26.0	530.93	3 sur 12	6.0	8
16	100.0	100	30.00	29.5	683.49	3 sur 13.5	6.5	10
20	110.0	105	28.54	31.0	754.77	4 sur 16	8.5	11

IIe TABLE

DES DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES A VAPEUR A DOUBLE EFFET, AVEC DÉTENTE AU 1/4, MAIS SANS CONDENSATION,

la pression de la vapeur étant à 5 atmosphères.

FORCE des machines en chevaux.	LONGUEUR de la course du piston.	VITESSE du piston par seconde.	NOMBRE de doubles coups de piston par minute.	DIAMÈTRE du piston en centimèt.	SURFACE du piston		VOLUME de vapeur dépensée		POIDS de vapeur dépensée par minute et par cheval en kilogr.
					totale en centimètres carrés.	par cheval en centimètres carrés.	par coup de piston en décimètres cubes.	par cheval et par minute en décimètres cubes.	
	cent.	cent.		cent.	cent. carr.	cent. carr.	déc. cubes.	déc. cubes.	kil.
1	40	70	52.50	13.7	147.41	147.41	1.474	154.77	0.397
2	50	75	45.00	18.5	268.80	134.40	3.360	151.20	0.387
4	60	80	40.00	25.1	494.81	123.70	7.422	148.44	0.380
6	70	85	46.43	30.8	745.06	122 17	12.012	146.10	0.374
8	80	90	33.75	32.8	844.96	105.62	16.889	142.58	0.365
10	90	95	31.67	35.5	989.80	98.98	22.271	141.02	0.361
12	100	100	30.00	37.5	1104.47	92.01	27.612	140.93	0.360
16	110	105	28.63	42.0	1385.45	86.58	38.100	136.49	0.349
20	120	110	27.50	45.3	1614.74	80.59	48.351	132.96	0.339
25	130	115	26.53	49.2	1901.17	76.05	61.788	130.99	0.335
30	140	120	25.71	52.4	2156.52	71.88	75.478	128.35	0.329
35	150	125	25.00	55.0	2375.83	67.88	89.094	125.55	0.322
40	160	130	24.38	57.0	2551.77	63.79	102.071	121.03	0.310
50	170	135	23.82	61.9	2999.63	59.99	127.472	118.95	0.305
60	180	140	23.33	66.3	3452.37	57.54	155.357	116.52	0.299
75	190	145	22.89	72.3	4105.51	54.74	195.462	116.21	0.298
100	200	150	22.50	84.0	5541.78	53.42	277.099	115.76	0.297
1re.	2e.	3e.	4e	5e.	6e.	7e.	8e.	9e.	10e.

Une machine à 5 atmosphères, à détente variable, construite par M. Saulnier, ingénieur mécanicien de la Monnaie, avait les dimensions suivantes :

Force nominale de la machine = 16 chevaux, = 16 × 75 = 1200 kilogrammètres.
Diamètre du piston = 0m42; — surface de ce piston = 1385c.q.45;
Longueur de la course = 1m; — surface par cheval = 86c.q.60;
Nombre de révolutions par 1′ = 30; — vitesse par seconde = 1m;
Dimensions des lumières = 3c sur 12c; — section des lumières = 36c.q.;
Rapport de la section des lumières à la surface du piston = 10/385.

Cette machine fait marcher deux souffleries, dont les pistons ont chacun 0m54 de diamètre, 0m50 de course.

IIIe TABLE

DES DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES A VAPEUR A DOUBLE EFFET, AVEC CONDENSATION ET DÉTENTE AU 1/4,

la pression de la vapeur étant à 4 atmosphères.

FORCE des machines en chevaux.	LONGUEUR de la course du piston.	VITESSE du piston par seconde.	NOMBRE de doubles coups de piston par minute.	DIAMÈTRE du piston en centimèt.	SURFACE du piston		VOLUME de vapeur dépensée		POIDS de vapeur dépensée par minute et par cheval en kilogr.
					totale en centimètres carrés.	par cheval en centimètres carrés.	par coup de piston en décimètres cubes.	par cheval et par minute en décimètres cubes.	
	cent.	cent.	coups.	cent.	cent. carr.	cent. carr.	déc. cubes.	déc. cubes.	kil.
1	40	70	52.50	15.5	188.69	188.69	1.889	198.34	0.415
2	50	75	43.00	20.0	320.47	160.23	4.006	180.27	0.377
4	60	80	40.00	27.5	593.94	148.48	8.909	178.18	0.373
6	70	85	36.43	32.5	829.58	138.26	14.518	176.29	0.368
8	80	90	33.75	36.0	1017.88	127.24	20.357	171.76	0.359
10	90	95	31.67	39.0	1194.51	119.45	26.877	170.18	0.356
12	100	100	30.00	41.5	1352.65	112.72	33.816	169.08	0.353
16	110	105	28.63	46.0	1661.91	103.87	45.453	163.83	0.343
20	120	110	27.50	49.0	1885.75	94.29	56.578	161.97	0.338
25	130	115	26.53	54.0	2290.23	91.61	74.433	157.79	0.330
30	140	120	25.71	57.3	2578.69	85.95	90.254	154.04	0.322
35	150	125	25.00	58.8	2715.45	77.58	101.829	147.01	0.309
40	160	130	24.32	62.0	3019.08	75.48	120.763	143.71	0.301
50	170	135	23.82	67.0	3525.66	70.51	149.841	137.84	0.288
60	180	140	23.33	72.0	4071.30	67.86	183.218	137.40	0.287
75	190	145	22.89	77.5	4717.30	66.89	224.070	136.77	0.286
100	200	150	22.50	85.0	5674.51	56.74	283.725	127.68	0.277
1re.	2e.	3e.	4e.	5e.	6e.	7e.	8e.	9e.	10.

Une machine de dix chevaux, à deux cylindres, à quatre atmosphères et à condensation, construite par MM. Suds, Adkins et Barker, avait les dimensions suivantes :

Diamètre du grand piston = 40c; — sa surface = 1256c.q.63;
Course de ce piston = 117c; — sa vitesse par 1″ = 101c2;
Diamètre du petit piston = 21c7; — sa surface = 369c.q.84;
Course de ce piston = 86,00; — sa vitesse par 1″ = 74c5;
Dimensions des lumières du grand cylindre = 3c sur 9c; — section = 27c.q.;
Id. du petit cylindre = 3c sur 6c; — section = 18c.q.

Une machine, de la force nominale de six chevaux, ayant une chaudière timbrée à trois atmosphères et demie, marchant à détente et à condensation, mais à une pression de une et demie à deux atmosphères seulement,

construite pour la marine, par M. Saulnier, de la Monnaie, avait les dimensions suivantes :

Diamètre du piston = 37^{c}; — sa surface = $1075^{c.q.}$ 21;
Course dudit = 71^{c}; — nombre de coups doubles par 1′ = [illegible]6;
Dimensions des lumières = 3^{c} sur 10^{c} 5; — surfaces desdites = $30^{c.q.}$.

Il est aisé de voir, d'après les tables précédentes, que des divers systèmes de machines, celles qui consomment le moins de vapeur, relativement à la même puissance, sont les machines à détente, et que, parmi ces dernières, celles qui marchent à condensation sont encore, sous ce rapport, les plus avantageuses, parce qu'elles permettent de marcher à un plus grand degré de détente, et qu'elles utilisent plus complétement la force expansive de la vapeur.

Ainsi, nous avons vu que pour une machine de 20 chevaux, à 5 atmosphères, marchant à pleine pression, pendant toute la course, on dépense 0^{k} 647 de vapeur par cheval et par minute, tandis qu'une machine de même force, marchant aussi à cinq atmosphères, mais avec pleine pression pendant 1/4 de la course, et à détente pendant les 3/4 restants, consomme seulement 0^{k} 339 par cheval et par 1′. On verrait, en outre, que dans une machine à condensation, à 4 atmosphères, et dont la détente serait plus grande, la dépense de vapeur ne serait pas de 0^{k} 250, également par cheval et par 1′.

Or, en admettant, dans ces trois systèmes, la même disposition de fourneau et de chaudière, et que, par conséquent, avec un kilogramme de charbon, on produise la même quantité de vapeur, on voit tout de suite que la dépense en combustible sera bien plus considérable dans le premier cas, où les machines marchent sans détente et sans condensation, que dans les deux autres systèmes. Cette dépense serait facile à évaluer pour chacune des forces données dans les tables, en sachant qu'un kilogramme de bonne houille peut réduire en vapeur 6 kilogrammes d'eau. Ainsi, pour la machine de 20 chevaux, dont nous parlons plus haut, on a,

Dans le premier cas, machine sans détente, ni condensation :

Dépense de vapeur par cheval et par heure, = 0^{k} 647 × 60 = 38^{k} 82;
Dépense de charbon, par cheval et par heure, = 38,82 ÷ 6 = 6^{k} 47.

Dans le deuxième cas, machine à détente, sans condensation :

Dépense de vapeur, par cheval et par heure, = 0,339 × 60 = 20^{k} 34;
Dépense de charbon, par cheval et par heure, = 20,34 ÷ 6 = 3^{k} 39.

Et, dans le troisième cas, machine à détente et avec condensation :

Dépense de vapeur, par cheval et par heure, = 0,250 × 60 = 15^{k};
Dépense de charbon, par cheval et par heure, = 15 ÷ 6 = 2^{k} 5.

Il est vrai que les machines à haute pression, marchant à pleine vapeur pendant toute la course, sont les plus simples et les plus économiques de construction ; elles ont de plus l'avantage d'occuper moins de volume, et de peser beaucoup moins que les autres, et, par ces raisons, elles peuvent

être regardées, dans certains cas, surtout là où le combustible est à bon marché, comme préférables sous le rapport du prix de revient. Mais ces cas ne se présentent pas le plus ordinairement dans l'industrie. On cherche généralement, au contraire, à réduire les dépenses de combustible, et par cette raison on doit préférer les machines à détente.

Mais on vient de voir, par les tables qui précèdent, qu'il faut augmenter notablement les diamètres de piston pour avoir la même puissance nominale, lorsqu'on veut marcher à une grande détente, comme nous l'avons supposé. Il est en général bien peu de constructeurs qui livrent leurs machines sur cette base; le plus souvent, on ne compte que sur la moitié et quelquefois même seulement sur le tiers de détente. Ainsi, lorsqu'on veut une machine à détente, et à 5 atmosphères, de 20 chevaux, par exemple, on ne la calcule pas sur la plus grande détente à laquelle elle marcherait avec cette force, mais sur une détente qui est le plus ordinairement au-dessous de la moyenne. La dépense de vapeur et par suite la dépense du combustible, quoique plus faibles que celles des machines à haute pression sans détente, sont nécessairement alors plus considérables que celles que nous avons calculées dans le deuxième et le troisième cas.

Le diamètre du piston est sensiblement plus petit que dans ces deux derniers cas; il en résulte que, par suite, le prix de la machine doit être aussi sensiblement moindre, parce qu'ordinairement la force de toutes les autres parties qui la composent est proportionnée à cette dimension prise pour base.

En général, il serait bon de stipuler dans le marché, lorsqu'on traite d'une machine à vapeur, le degré de détente correspondant à la puissance nominale à laquelle cette machine doit être livrée; il y aurait bien moins souvent lieu à contestation entre le constructeur et le propriétaire.

Nous ne devons pas oublier de faire remarquer que, pour les machines à condensation il importe beaucoup que les cylindres soient enveloppés d'une chemise, et d'y faire passer la vapeur venant de la chaudière, pour les maintenir à une température élevée, sans quoi les refroidissements peuvent diminuer très-sensiblement l'effet utile.

Nous donnons ci-après les dimensions de quelques machines à vapeur, à haute pression et à détente, telles que nous les avons obtenues de différents constructeurs, et pour la force nominale à laquelle elles ont été livrées.

DIMENSIONS PRINCIPALES DE DIVERSES MACHINES A VAPEUR

AVEC DÉTENTE VARIABLE A HAUTE PRESSION, SANS CONDENSATION

Exécutées par plusieurs constructeurs français.

FORCE en chevaux.	DIAMÈTRE du piston.	COURSE du piston.	VITESSE par seconde.	NOMBRE de coups doubles par minute.	SURFACE totale du piston.	SURFACE du piston par cheval.	PRESSION de la vapeur. (1)	NOMS des constructeurs.
	cent.	cent.	cent.		cent. carrés.	cent. carr.	atmosph	MM.
2	17.0	»	»	»	226.98	113.49	3.1/2	J.-F. Saulnier.
4	19.6	»	»	»	302.00	75.50	6	Cavé.
6	21.3	75.0	83.0	34	353.00	58.83	6.1/2	Farcot.
6	27.0	»	»	»	572.56	95.43	5	J.-F. Saulnier.
8	24.8	88.0	100.0	34	495.00	62.00	6	Farcot.
8	24.4	78.4	99.3	38	467.60	58.45	6	Saulnier aîné.
8	25.4	100.0	100.0	30	506.71	63.34	6	Pauwels.
10	27.8	97.2	100.4	31	606.99	60.70	6	Cavé.
10	27.2	78.4	99.3	38	581.07	58.11	6	Saulnier aîné.
12	30.0	92.0	101.6	33	706.86	53.90	6	*Id.*
12	32.5	»	»	»	840.00	70.00	6	Cavé.
12	33.0	90.4	99.3	33	854.00	71.20	6	Pauwels.
16	36.4	118.4	101.0	26	1040.62	65.00	5	Saulnier aîné.
16	42.0	100.0	100.0	30	1385.45	86.60	5	J.-F. Saulnier.
20	40.0	162.0	106.7	20	1257.00	62.50	6	Farcot.
20	40.6	176.0	100.0	17	1295.00	64.75	6	Cavé.
30	50.0	100.0	100.0	30	1962.50	65.00	6	Pauwels.
40	58.0	230.0	107.3	14	2651.20	66.28	6	Cavé.
50	60.9	130.0	106.0	24	2912.90	58.26	6	Saulnier aîné.
75	75.0	120.0	100.0	23	4417.87	58.90	6	Pauwels.

Comme nous venons de le dire, les constructeurs augmentent sensiblement les dimensions lorsqu'ils doivent établir des machines qui, pour leur force nominale, doivent marcher avec beaucoup de détente.

En général, ces machines sont calculées pour marcher à une vitesse de piston de 1m par seconde, lorsque la force est au-dessus de celle de 8 chevaux.

Nous devons encore observer que, plus on veut de détente, c'est-à-dire plus on veut économiser sur le combustible, plus on doit augmenter les dimensions du volant, qui régularise le mouvement de la machine.

Nous aurions encore beaucoup de choses à dire sur les machines à détente, soit pour les systèmes de détente, soit pour les dimensions des orifices d'entrée de vapeur, et celles de plusieurs autres parties de ces machines; nous nous proposons d'y revenir plus tard (2).

(1) Cette pression est celle déterminée par le manomètre à la chaudière.

(2) Voir 3e, 4e, 5e, 6e et 7e vol. de ce Recueil.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE IV.

Fig. 1re. Coupe verticale par l'axe du cylindre à vapeur, et parallèle au plan des colonnes vues de face.

Fig. 2. Coupe verticale perpendiculaire à la précédente, passant par l'axe de l'arbre, du cylindre et des boîtes à tiroirs.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/15.

Fig. 3. Coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2 (fig. 1), et dessinées à l'échelle de 1/30e.

Fig. 4. Plan vu en dessus, et section verticale de l'axe du piston à vapeur.

Fig. 5. Vue de face des deux excentriques, qui servent à faire marcher les tiroirs de distribution et de détente.

Fig. 6. Tracé géométrique de ces deux excentriques, que l'on a supposés placés à angle droit, position correspondante à la plus grande détente à obtenir.

Fig. 7 et 8. Deux positions extrêmes du tiroir de distribution, et positions relatives du tiroir de détente.

Fig. 9 et 10. Élévation et coupe horizontale d'un excentrique courbe opérant la distribution et la détente par le même tiroir.

Fig. 11. Détails d'un fragment de la tige de distribution.

Fig. 12. Fragment d'assemblage du piston de la pompe alimentaire, avec sa tige.

Toutes les fig. 5 à 12 sont dessinées à l'échelle de 1/15.



NOTICES INDUSTRIELLES

EMPLOI DE LA GOMME SÉNÉGAL

DANS L'IMPRESSION DES TISSUS, PAR M. DANIEL KOECHLIN SCHOUCH.

« On a observé depuis longtemps, dans certaines circonstances qu'on ne s'est point expliquées, qu'en épaississant avec de l'eau de gomme les mordants d'acétate d'alumine, d'acétate de fer, ou le mélange de ces deux sels, et l'imprimant à la planche sur tissu de coton, il s'opère quelquefois une combinaison si intime entre les bases métalliques, la gomme et le tissu, que par les opérations du débouillissage (bousage ou dégorgeage mécanique), la gomme reste en notable quantité inhérente à la toile, qui en conserve une très-grande raideur, et rend les teintures défectueuses. On sait que l'art d'épaissir les mordants selon la nature de l'impression, est une des opérations les plus importantes de la fabrication des indiennes. Il exige une longue pratique, et de lui dépend souvent tout le succès.

« Il faut avoir égard à trois conditions essentielles :

« 1° Pendant l'impression, l'épaississant ne doit pas être un obstacle à la combinaison des mordants, ou sous-sels, avec le tissu;

« 2° L'épaississant doit pouvoir se séparer facilement de l'étoffe par les opérations du bousage et du dégorgeage;

« 3° Pour certaines teintures, pour celle en garance surtout, il est important que l'épaississant puisse s'enlever sans retenir les parties du mordant qui ne sont pas combinées au tissu; car, dans beaucoup de cas, ces parties ainsi détachées précipiteraient de la matière colorante, appauvriraient le bain et occasionneraient une mauvaise teinture. L'inconvénient que j'ai signalé plus haut, et que présente quelquefois l'emploi de la gomme, a bien souvent embarrassé les fabricants et est resté jusqu'ici sans explication. Selon les uns, il faut l'attribuer à la nature de certaines espèces de gommes, et selon d'autres, à diverses substances étrangères dont les gommes du commerce sont quelquefois accompagnées. Mais de nombreux essais que j'ai entrepris avec les différentes variétés de gommes, n'ont point confirmé cette supposition. Seulement j'ai observé que l'eau de gomme préparée avec la gomme blanche ne présente pas l'inconvénient en question au même degré que celle obtenue avec la gomme en sorte, qui est bien moins pure. Je dois, du reste, faire remarquer que l'eau de gomme que j'essayais était toujours préparée depuis quelques semaines, tandis que l'eau de gomme blanche ou rouge, que j'employais pour faire les essais comparatifs, était toujours récemment préparée. C'est là le motif qui a induit en erreur, et retardé la découverte de la véritable cause, que j'ai trouvée en faisant mes essais avec des gommes récemment préparées.

« J'avais observé qu'en faisant usage d'eau distillée, la gomme conservait mieux son degré de viscosité qu'en employant de l'eau de rivière (de la Doller). Cette dernière, en vieillissant, devenait moins épaisse et surtout plus acide; sans doute parce que, étant plus aérée, il s'y établissait une fermentation plus prompte. Cette observation m'a conduit, un peu plus tard, il est vrai, à la remarque que l'eau de gomme vieille et conservée dans un local plus ou moins chaud, présente le plus souvent l'inconvénient que j'ai rappelé.

« J'ai fait préparer des eaux de gommes avec de la gomme blanche, de la gomme rouge, et de la gomme en sorte, telle qu'on la trouve dans le commerce. J'ai laissé ces eaux exposées à une température de 20° centigr. environ pendant vingt jours. Bientôt une fermentation s'est établie dans la liqueur, qui devenait de plus en plus acide, surtout celle préparée avec la gomme en sorte, qui présentait cette propriété à un plus haut degré que les deux autres.

« Au bout de ces vingt jours, j'ai fait préparer de nouvelles eaux de gommes avec les mêmes qualités de gommes, afin de comparer ces dissolutions fraîches avec celles qui avaient déjà fermenté. A cet effet, j'ai épaissi avec ces différentes eaux de gommes des mélanges d'acétate d'alumine et d'acétate de fer dans le rapport de :

« 1 partie acétate d'alumine,
« 1 partie acétate de fer (pyrolignite de fer à 9°),
« 2 parties eau de gomme.

« J'ai également épaissi un semblable mélange avec de la gomme pilée. Tous ces mordants épaissis ont été imprimés sur la même toile, dont une moitié a été séchée à chaud, tandis que l'autre moitié l'a été à la température ordinaire de l'imprimerie. Après quelques jours de repos, la toile a été débouillie en bouse à 75°, puis dégorgée à la manière ordinaire. Après la dessiccation, j'ai remarqué que tous les mordants épaissis avec les eaux de gommes vieilles et fermentées donnaient de la roideur à la toile, ce qui n'arrivait pas avec les mordants épaissis avec la gomme pilée, ou avec les eaux de gommes fraîches.

« Dans le but de déterminer si cette différence doit être attribuée à la combinaison que l'eau de gomme fermentée et modifiée dans sa composition, forme avec les mordants à base d'alumine et de fer, ou bien à la combinaison directe de la gomme ainsi modifiée avec le coton, j'ai fait imprimer sur toile des eaux de gommes vieilles et fermentées, et de l'eau de gomme fraîche, sans addition de mordants. Après le bousage, le dégorgeage et le séchage, j'ai trouvé que, sans mordants, la gomme vieille et fermentée, pas plus que la gomme fraîche, ne donne de raideur au tissu. La présence des mordants est donc nécessaire pour produire ce phénomène.

« J'ai voulu voir aussi si la combinaison qui s'effectue sur le tissu est due à l'acide qui prend naissance pendant la fermentation, ou la gomme même telle qu'elle se trouve après cette fermentation. A cet effet, j'ai traité l'eau de gomme fermentée par l'alcool, afin d'en précipiter l'alcool; j'ai malaxé le mélange, je l'ai exprimé et filtré, j'ai traité une seconde fois par l'alcool, filtré et réuni les liqueurs.

« Le liquide filtré était acide et incolore; il ne précipitait ni l'acétate d'alumine ni l'acétate de fer. Évaporé à siccité, il répand des vapeurs qui rougissent le tournesol, et exhalent une odeur particulière qui ne rappelle en rien celle de l'acide acétique. Il ne cristallise pas par le refroidissement.

« J'ai fait redissoudre dans l'eau la gomme qui avait été précipitée par l'alcool, et j'ai épaissi des mordants d'acétate de fer et d'acétate d'alumine avec cette dissolution, pour voir si, après avoir été séparée de l'acide ci-dessus, cette gomme donnerait encore de la raideur au tissu. C'est ce qui est arrivé effectivement; car, après le bousage, le dégorgeage et la dessiccation, les parties imprimées conservaient la même raideur que lorsqu'on emploie directement l'eau de gomme vieille et fermentée; ainsi, pendant sa fermentation, la gomme subit une modification dans sa nature.

Afin de mieux constater les faits déjà cités, j'ai fait préparer, avec de la gomme de choix, une dissolution contenant 2,500 grammes de gomme sur deux litres d'eau et je l'ai soumise à divers traitements.

« 1° Une partie de cette dissolution a été exposée pendant vingt jours à une température de 15 degrés.

« 2° De la même eau de gomme a été soumise à l'ébullition pendant une heure (en remplaçant l'eau évaporée), et exposée également pendant vingt jours à une température de 15 degrés. On sait que, par une ébullition prolongée, la gomme se transforme en partie en une matière sucrée. Aussi, après avoir été traitée par l'alcool, l'eau gommée paraissait plus sucrée qu'avant l'ébullition.

« 3° J'ai exposé pendant le même temps, et à la même température, de la même eau de gomme, à laquelle j'avais préalablement ajouté 1/16 de son volume, du dépôt d'une cuve d'ancienne eau de gomme, dans la supposition que ce dépôt qu'on a l'habitude de laisser au fond des cuves, devait faciliter et hâter la fermentation.

« 4° J'ai soumis aux mêmes conditions deux litres de la même eau de gomme, auxquels j'avais ajouté 20 grammes de carbonate de soude.

« Pendant les vingt jours que ces différentes solutions ont été abandonnées à elles-mêmes, je les ai essayées à diverses reprises avec le papier de tournesol. J'ai remarqué que, dès les premiers jours l'acidité était très-prononcée dans le n° 3; que le n° 1 rougissait moins le papier que le n° 3; et que le n° 2 ne le rougissait pas sensiblement. Quant au n° 4, il ne donnait aucun signe d'acidité.

« Avec ces différentes eaux de gommes, telles qu'elles se sont présentées au bout de vingt jours, et avec une dissolution de la même gomme, fraîchement préparée, et que je désignerai sous le n° 5, j'ai épaissi les mêmes coupes de mordants que pour les essais précédents, c'est-à-dire avec l'acétate d'alumine et l'acétate de fer.

« J'ai fait imprimer l'échantillon marqué B, parmi ceux que je dépose sur le bureau. Après trois jours de repos, j'ai fait passer en bouse à 75°, puis on a dégorgé et séché. J'ai obtenu différents résultats avec les diverses eaux de gommes. Ainsi que je m'y attendais,

« Le n° 1 a laissé de la raideur au tissu ;
« Le n° 2, point de raideur ;
« Le n° 3, beaucoup plus de raideur que le n° 2 ;
« Le n° 4, aucune raideur ;
« Le n° 5, aucune raideur.

« Enfin, j'ai traité par l'alcool de l'eau de gomme fraîche, comme j'avais déjà fait avec de l'eau de gomme vieille ; et j'ai remarqué que, pendant que celle-ci donnait de la raideur aux tissus, la gomme précipitée de la dissolution fraîche ne présentait pas le même inconvénient ; d'où il suit que la gomme subit une modification pendant qu'elle fermente.

« En résumant ce qui précède, je pense que l'on fera bien, pour éviter en pratique l'inconvénient que présente la vieille eau de gomme fermentée :

« 1° De ne préparer que de petites provisions d'eau de gomme, que l'on conservera dans un local frais ;

« 2° Dans le cas où l'on préparerait une grande provision d'eau de gomme,

on peut éviter la fermentation, en y ajoutant 10 grammes de cristaux de soude par kilog. de gomme, cette addition ne présentant aucun inconvénient pour les usages ordinaires.

« 4° On pourrait aussi faire subir une longue ébullition à l'eau gommée; mais ce moyen serait dispendieux.

« 5° On fera bien d'épaissir directement avec la gomme, c'est-à-dire de dissoudre directement la gomme dans les mordants ou dans les couleurs d'application, toutes les fois qu'on pourra le faire sans inconvénient.

(*Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.*)

DURCISSEMENT DU PLATRE.

MM. Greenwood et Savoie, fabricants à Alfort, près Paris, ont pris un brevet d'importation pour un nouveau procédé propre à opérer le *durcissement du plâtre,* procédé inventé par M. Keen, de Londres, et en usage en Angleterre depuis deux ans. Il se compose des opérations suivantes :

« On donne au plâtre une première cuisson qui le prive de son eau de cristallisation; puis, immédiatement après, on le jette dans un bain d'eau saturée d'alun : au bout de six heures, on le retire de ce bain, et, après l'avoir laissé sécher à l'air, on lui fait subir une seconde cuisson dans laquelle on doit le chauffer jusqu'au rouge brun; on le porte enfin sous les meules qui le pulvérisent, après quoi il peut être employé comme le plâtre ordinaire. Les gypses les plus propres à subir cette préparation sont ceux qui se présentent à l'état le plus pur. Ce sont des gypses très-généralement répandus, et jusqu'ici peu estimés à raison du peu de solidité des plâtres qu'ils donnent.

« Dans l'usine de MM. Greenwood et Savoie, on tire les pierres à plâtre avant de leur faire subir aucune cuisson, et on les répartit en trois classes, dont la première seule donne un plâtre d'une parfaite blancheur; la troisième est destinée à recevoir, au bain d'alun, l'addition d'une certaine quantité de sulfate de fer, et prend ainsi une teinte de terre cuite.

« Le plâtre aluné doit être *gâché serré;* les surfaces sur lesquelles on l'applique doivent, en outre, être suffisamment mouillées, pour éviter une absorption trop rapide. Sa prise n'est pas instantanée, comme celle du plâtre ordinaire, et il se passe quelques heures avant que le desséchement commence à s'opérer; jusque-là, la pâte peut être remaniée sans inconvénient. La dilatation et le retrait sont presque insensibles.

« Le plâtre aluné est propre, comme le plâtre ordinaire, au moulage des objets d'art, et il l'emporte sur celui-ci à la fois par sa dureté et par un aspect plus agréable qui rappelle le biscuit de porcelaine.

« Mêlé à des substances colorantes, il peut être employé dans la décoration des édifices comme marbre artificiel.

Adhérant avec une grande énergie au bois et à la pierre, il peut être

employé avec avantage pour les scellements, les jointements, et pour le badigeon des édifices qu'il protége très-efficacement.

« Mêlé avec une quantité égale de sable, il donne des produits d'une grande ténacité : c'est dans cet état qu'on l'emploie presque exclusivement en Angleterre. » (*Académie des Sciences.*)

Des expériences ont été faites, avec ce plâtre, au Conservatoire des Arts et Métiers, il y a plus de six mois : on voit les différents enduits qui ont été faits sur des surfaces exposées à l'air, à l'humidité, et sur des parois intérieures, qui se conservent parfaitement.

FABRICATION DE DRAPS FEUTRES.

La première machine employée pour cette fabrication consiste en une carde en gros suivie d'une carde en fin pour faire la *nappe*. Deux ouvriers étalent uniformément de la laine non graissée sur une claie sans fin, qui la présente aux dents des cylindres. Cette laine débourrée, divisée, épluchée, passe d'un cylindre sur l'autre, en s'égalisant jusqu'à la dernière carde, d'où le peigne détache un voile continu, mince et transparent, qui s'engage sous d'autres gros cylindres garnis d'une toile sans fin qui ramène cette première nappe en zigzags assez nombreux et assez espacés pour continuer une pièce de drap jusqu'à son point de départ ; là elle se double d'un second voile, puis d'un troisième, et ainsi de suite jusqu'à 20, 30 ou 40, selon l'épaisseur qu'on veut donner au drap.

« La nappe, arrivée à l'épaisseur voulue, et rendue très-égale par la superposition d'un grand nombre de voiles, s'enroule sur une ensouple que l'on porte à la machine à feutrer. Celle-ci se compose d'une grande table couverte d'une toile sans fin, sur laquelle reposent une trentaine de cylindres en fer, revêtus de toiles et animés tous ensemble d'un léger mouvement de va-et-vient dans le sens de la longueur, et d'un mouvement de rotation très-lent. La nappe engagée sous cette rangée de feutreurs mécaniques reçoit sans cesse des bouffées de vapeur qui disposent, plus que tout autre agent, la laine au feutrage, en faisant tortiller ses brins en crochets spiroïdes, lesquels s'enchevêtrent les uns dans les autres.

« La pièce, passée et roulée sur une nouvelle ensouple, est présentée à la machine destinée à finir et à durcir l'étoffe ; la nappe, introduite entre deux toiles, est travaillée par une trentaine de rouleaux de fonte qui sont agités par un mouvement de droite et de gauche. La pièce est, pendant ce temps, arrosée d'eau de savon et de bouffées de vapeur.

« Au sortir de cet appareil, le drap peut être considéré comme terminé, à l'exception du peignage, de la tonte, de la teinture et de l'apprêt, qui se pratiquent à la manière ordinaire. » (*Mém. encycl.*)

GRANDE PLATE-FORME

POUR

TAILLER LES ROUES D'ENGRENAGES SUR TOUTES LES DIMENSIONS

Par M. CARTIER, mécanicien à Paris

(PLANCHES 1, 2 ET 3)

(Suite)

DE LA DIVISION DES CIRCONFÉRENCES EN PARTIES ÉGALES

APPLIQUÉES A LA CONSTRUCTION DES PLATES-FORMES (1).

La construction d'une plate-forme suppose la solution complète du problème suivant :

Étant données plusieurs circonférences concentriques, les diviser en un certain nombre de parties égales, de manière que le nombre de divisions contenues dans chacune d'elles soit différent du nombre de divisions contenues dans les autres. On pourrait encore ajouter comme conditions : avec un nombre donné de circonférences, obtenir un *maximum* de diviseurs différents, et un *minimum* de points à piquer. Nous ne connaissons

(1) M. Guenet, à l'obligeante amitié de qui nous devons cette description, nous écrivit à ce sujet la lettre suivante, que nous nous faisons un devoir d'insérer ; elle prouvera mieux la bonne intention de l'auteur que tout ce que nous pourrions en dire.

« Monsieur, je vous fais remettre les notes que vous m'avez demandées ; malgré de nombreuses coupures, leur étendue a dépassé de beaucoup mes prévisions.

« La division d'une plate-forme est une opération très-délicate ; elle exige des précautions tellement minutieuses et importantes à la fois, que l'oubli de quelques-unes, même au dernier moment, peut compromettre un travail presque terminé, et aussi long que pénible.

« Pouvais-je donc exposer volontairement à de pareilles chances l'ouvrier laborieux qui cherche à s'instruire, et ne lui offrir pour récompense de ses peines qu'une occasion de découragement ? Loin de là, pour donner aux travailleurs un point de départ plus avancé, et leur permettre d'employer leurs forces à des recherches nouvelles, j'ai cru devoir leur indiquer les méthodes suivies par divers auteurs. Il manque à cette liste un nom très-célèbre, celui de notre illustre contemporain *M. Gambey*. Je regrette pour ma part qu'il n'ait pas publié une description de ses procédés et des moyens ingénieux qui ne lui font jamais faute à l'occasion. Vos nombreux souscripteurs devront aussi doublement partager mes regrets, car alors je leur aurais nécessairement épargné ces notes. Dans l'état actuel des choses, et comme le bien général doit passer avant tout, veuillez, je vous prie, Monsieur, inviter, de la manière la plus pressante, d'abord toutes les personnes qui ont déjà des plates-formes, et ensuite toutes celles qui n'ont pas envie d'en construire, de passer immédiatement de la page 58 à la page 85.

« Agréez, etc. GUENET, *ingénieur civil.* »

1er novembre 1841.

pas de solution complète de ce dernier problème; mais on peut du moins en approcher par quelques considérations que nous ferons connaître.

La géométrie élémentaire, qui rend tous les jours des services précieux à toutes les branches de l'industrie, semble refuser ses utiles secours au sujet que nous essayons de traiter. Si, d'une part, elle nous présente immédiatement les cordes exactes des arcs de 180°, de 60°, et la manière de subdiviser les arcs en deux parties égales, d'une autre part, elle ne nous donne pas les moyens de tirer ou de construire ces lignes avec un degré suffisant d'exactitude. *La pratique* n'est plus du domaine de la géométrie; aussi en résulte-t-il que les deux moitiés d'une circonférence *déterminées* par un diamètre sont inégales; et cependant les seules conditions à remplir étaient bien simples... Mener une seule ligne droite par un point, voilà à quoi se sont bornées toutes les opérations!

Qu'il s'agisse de diviser en six parties égales une circonférence qui vient d'être tracée, quel que soit le compas que l'on aura employé, le rayon porté successivement six fois comme corde sur la circonférence ne retombera pas sur le point de départ.

Ces faits, bien connus des personnes auxquelles l'usage du compas est familier, peuvent s'expliquer par deux causes très-simples : l'une est l'action irrégulière de la pointe du compas sur la surface qu'elle parcourt, sur laquelle elle glisse ou s'arrête pour pénétrer à des profondeurs variables; l'autre se trouve dans la vue plus ou moins bonne de l'opérateur, car il n'en est pas de parfaite. Il y a certainement des vues pour lesquelles l'épaisseur d'un cheveu, ajoutée à la longueur d'une ligne placée près d'une autre comme terme de comparaison, serait appréciable, tandis que d'autres ne trouveraient aucune différence pour des quantités beaucoup plus grandes. Or, placer une pointe de compas sur une circonférence, c'est la placer sur le point extrême d'un rayon, sur un point mathématique; on voit donc que cela étant impossible, la véritable corde ne détermine plus le véritable arc qu'elle devait sous-tendre. En d'autre termes, on a marqué sur la circonférence un point qui diffère du point véritable. On voit aussi qu'en imaginant par les deux points dont nous venons de parler (le point exact et celui qui ne l'est pas) des rayons prolongés jusqu'à la rencontre d'une autre circonférence concentrique décrite d'un rayon trois ou quatre fois plus grand, on déterminerait un arc qui représenterait l'erreur trois ou quatre fois amplifiée, et par conséquent rendue plus sensible à l'œil. De là, l'origine d'une méthode très-ancienne et encore généralement employée, dont nous demandons la permission de dire un mot en passant.

Après avoir fixé par terre le plateau à diviser, on trace une circonférence concentrique avec le plus grand rayon possible, et, sur cette dernière circonférence, on opère avec le compas la division projetée; ensuite, au moyen d'une grande alidade ou règle, dont une extrémité est fixée au centre du plateau, on *rapporte* sur ce plateau des divisions correspondantes à celles de la grande circonférence tracée. Il est bien évident que les

erreurs de division provenant de l'œil sont atténuées dans le rapport du rayon de la circonférence employée au rayon du plateau. C'est sans doute un pas vers la perfection; mais est-il aussi grand qu'on le pense ou qu'il devait l'être? Il est permis d'en douter.

Il arrive, en effet, ordinairement que cette grande circonférence n'a pu être tracée que sur un plancher de chêne ou de sapin qui n'est pas uni; d'ailleurs les tâtonnements successifs que l'on n'a pu éviter ont produit des trous très-multipliés, très-rapprochés, dans lesquels la pointe du compas se trouve entraînée, et glisse; et par suite la véritable ouverture du compas, celle qui serait strictement convenable à la division à opérer, se trouve, en définitive, jugée trop grande ou trop petite; en un mot, on *croit* la corriger; mais ici on commet une véritable erreur qui échappe à tout contrôle du compas, et balance en grande partie les avantages qu'aurait dû donner l'emploi d'une circonférence de grand rayon. Les fautes de cette espèce, il ne faut pas le dissimuler, ne sont pas atténuées : elles sont fidèlement reproduites sur le plateau, et nous pensons qu'à défaut d'autres moyens, il vaudrait mieux se contenter d'une circonférence plus petite, tracée sur une surface plane ou tournée et garnie d'une bande métallique, soit en cuivre, en zinc, soit même en plomb; on éviterait encore par ce moyen l'emploi d'une très-grande règle à l'inflexibilité de laquelle il ne faut pas trop se fier. Le compas n'est donc pas l'instrument auquel nous aurons recours.

Une méthode qui n'obligerait pas à recommencer pour chaque circonférence à diviser tous les essais fastidieux occasionnés par la division des circonférences précédentes; une méthode qui ne tracerait sur le plateau aucuns points inutiles, ne laisserait aucune marque des tâtonnements qui cependant, il faut l'avouer, sont indispensables, *mais indispensables pour la graduation d'une seule circonférence;* cette méthode, nous le pensons, mériterait sans doute la préférence. Telle est celle que nous allons essayer de faire bien comprendre dans ses détails, et en décrivant à mesure les instruments qui doivent remplacer le compas.

Idée de la méthode. — Supposons le problème résolu pour un seul cas particulier; imaginons que le bord d'un plateau soit divisé en un très-grand nombre de parties égales, aussi petites que possible, mais cependant bien distinctes à l'œil; que ces divisions soient, par exemple, des arcs de 1 millimètre, et que le bord du plateau en contienne 10,000. Imaginons encore que, par des moyens que nous ferons connaître, on ait, nous ne dirons pas partagé le millimètre en 100 parties égales, ce qui serait, sinon impossible, du moins inutile à notre objet, mais qu'on ait seulement rendu appréciable le 100e du millimètre, il devient alors évident :

1° Que le bord du plateau peut être maintenant considéré comme partagé en 10,000 × 100, ou en 1 million de parties égales;

2° Que des 100es de millimètre étant, relativement à la précision que donnait le compas, des uantités ue nous pouvons regarder comme inap-

préciables (1), un arc qui devrait contenir un certain nombre de ces parties pour représenter une fraction déterminée de la circonférence, un 200e si l'on veut, ne pourrait plus être regardé comme inexact, parce qu'il aurait une de ces parties en plus ou en moins.

Voyons maintenant comment on pourrait utiliser cette première circonférence pour obtenir la division d'une autre, en 101 parties par exemple. Dans la vue de simplifier les expressions, donnons pour quelques instants le nom de *stries* aux petites divisions ou millionièmes que nous avons supposées ci-dessus. La circonférence extérieure renfermant 1 million de stries, sa 101e partie devrait en contenir $\frac{1\,000\,000}{101}$, ou 9900,9900..., soit, en nombre entier, 9901. Cela posé, il est évident que, pour résoudre la question, il suffirait de faire passer successivement, devant un *index* fixe, des arcs composés de 9,901 stries ; et ensuite, immédiatement après le passage de chaque arc partiel, de couper la circonférence soumise à l'opération avec un instrument qui fût propre, soit à tirer des lignes, soit à piquer des points, et dont la position fût invariable.

La division de cette circonférence, et celle de toute autre, ne présenterait pas, comme on le voit, d'autres difficultés que celles de compter des sommes constantes de stries. Pour éviter les erreurs que l'on pourrait commettre en comptant mal, dans l'exemple que nous avons choisi, les 9,901 stries, il serait convenable de former *(par l'addition)* une table des multiples de 9901, ou plus exactement, de 9900, 9900, etc., et de *numéroter* de 10 en 10 les stries du plateau, ce qui aiderait à trouver immédiatement, d'après chaque nombre de la table, la strie qui doit stationner devant l'arrêt fixe pendant l'opération du pointage.

Pour réaliser notre supposition d'un grand nombre de parties égales, sinon d'une manière parfaite, au moins avec une certaine approximation, on a eu recours au striage ; puis on a cherché à reconnaître les irrégularités qui pouvaient l'affecter, et enfin à y appliquer les corrections convenables. C'est donc vers ce double but que vont se diriger les opérations qui nous restent à décrire.

Striage du plateau. — Strier le plateau, c'est appliquer contre son bord extérieur une *vis-taraud* de bon acier, bien trempée, en l'appuyant graduellement, en la faisant tourner sur son axe, toujours dans le même sens, jusqu'à ce que tous les filets soient bien marqués, que les stries aient été bien approfondies, et soient bien vides. Cette première vis-taraud est ensuite remplacée, pour les dernières opérations, par une autre vis d'acier de mêmes dimensions, mais dont les filets ne présentent plus d'aspérités, sont bien polis, et qui, en un mot, peut conduire le plateau, sans le creuser

(1) Il n'existe certainement aucun compas dont la pointe puisse être placée 100 fois dans la longueur d'un millimètre ; on est cependant parvenu à tracer sur le verre, avec un diamant, des 400es, et des 500es de millimètres ; mais on conçoit que de telles parties ne puissent se distinguer qu'avec un microscope.

davantage. Cette dernière vis n'est pas en tout semblable à la vis-taraud; elle porte en c^2 (fig. 12, pl. 2), une autre partie filetée, inutile à la vis-taraud d^2, et pour distinguer à l'avenir ces deux vis, nous donnerons à la dernière le nom de *vis tangente* ou *vis sans fin*.

Quoique, d'après ce qui précède, il soit avantageux d'avoir le plus grand nombre possible de stries, cependant, pour d'autres raisons pratiques, il ne convient pas de les faire trop petites, et on devra se borner à donner un millimètre et demi ou deux millimètres de distance au pas de la vis.

Le plateau peut être strié sur le tour même, ou bien on peut le monter sur son arbre, le placer à demeure dans son bâtis, et employer pour l'opération du striage le support même de la vis tangente, que nous allons décrire, en remplaçant toutefois le ressort h^2 (fig. 13) par une vis de pression, et en changeant après le striage quelques coussinets ou garnitures de cuivre que cette opération aura fatigués, car elle exige du temps et de la patience.

Support de la vis tangente. — Le support de la vis tangente doit être construit de manière à ce qu'elle puisse remplir toutes les conditions suivantes :

1° S'incliner, pour devenir parallèle au plateau;

2° Monter ou descendre, pour que son axe puisse se placer dans le plan du *cercle-collier* des stries;

3° S'approcher ou s'éloigner du plateau pour l'embrayage ou le débrayage;

4° Rester à volonté embrayée, c'est-à-dire en contact avec le plateau, ou débrayée

Le support de la vis tangente se compose d'une première partie à deux coudes, G′ (fig. 12, 13 et 14), percée d'une mortaise par laquelle passe le boulon, qui la fixe solidement au pourtour de la plate-forme. Cet ajustement remplit déjà les deux premières conditions ci-énoncées.

La deuxième pièce est une longue traverse horizontale F′, réunie par des rivets à un montant vertical H′, aussi coudé à chacune de ses extrémités, comme la première. On a pratiqué dans chacun de ces coudes ou talons une rainure demi-cylindrique, pour y loger une vis d'acier, pointue d'un côté, limée en carré de l'autre, et servant à la fois de pivots à l'appareil et de moyens plus précis pour amener la vis tangente à la hauteur convenable.

Les deux vis-pivots sont retenues solidement dans leurs rainures par un boulon à œil taraudé, remplissant exactement un trou percé de part en part dans chaque talon, et elles entrent dans deux trous forés à demi-épaisseur dans les extrémités de la pièce G′.

La traverse horizontale F′ est coudée du côté de la manivelle. Le coude I (fig. 12 et 14) porte, au moyen de quatre petites vis à tête carrée, un morceau de cuivre en partie cylindrique b^2, qui est traversé par l'axe de la

vis tangente. A droite, vers son extrémité, cette vis est embrassée par deux collets, dont le dernier l^2 est conique, et une vis d'acier à base bien plane vient lutter contre le bout arrondi de la vis sans fin, qui ne peut, à cause du petit épaulement de l^2, avoir aucun mouvement de translation. On a supprimé dans les figures une petite virole d'acier, faisant manchon, et recouvrant de 6 millimètres et la vis buttante et la vis tangente.

La longue pièce F′ porte encore une platine F^2, formant avec elle une cage dans laquelle sont placées les roues g^2 et g^3, sur lesquelles nous reviendrons plus tard.

L'embrayage constant de la vis avec le plateau est une conséquence de la pression du ressort h^2, que l'on aperçoit sur la fig. 13, pression que l'on peut limiter, en tournant le double écrou du tirant h^3, ou qu'on peut annuler, en mettant la poignée h^4 dans la position ponctuée sur la figure.

On a représenté cette poignée sur une plus grande échelle dans la fig. A. Son rectangle en fer plat est percé de deux trous, *c* et *d*, qui reçoivent deux broches : la première est l'axe de rotation du manche h^4, et elle tient solidement à la ceinture de fonte D; la seconde forme l'articulation commune au rectangle et à la tige *dp* (fig. A), qui sert à tirer en arrière le support de la vis tangente. En faisant décrire à la poignée h^4 un quart de circonférence pour l'amener vers *m*, le point *d* sera transporté en *d′*, et comme ce dernier est plus distant de la ligne *mn* que le point *d*, il y aura traction du point *p*, qui se trouvera transporté en *p′*. Mais on voit que cet effet cesserait d'avoir lieu, si l'angle *dcn* devenait égal à l'angle *d′cm* ou à *ocd*, c'est-à-dire, s'il était de 45°. Pour un angle *d′cn*, plus grand que 45, la vis serait débrayée dans la position de h^4 sur la fig. 13. C'est ce que donne la discussion de la formule très-simple,

$$pp' = (\cos \alpha - \sin \alpha)\, r$$

dans laquelle α est l'angle *dcn* et *pp′* le recul de la vis, en n'ayant pas égard à la petite obliquité des lignes *pd* et *pd′*, ce qui d'ailleurs n'est pas nécessaire ici, et *r* la distance *cd*.

En faisant l'angle *dcn*, ou α, égal à	24°	31°,5	35°
pp′ deviendra égal à	1/2	1/3	1/4
de la longueur *cd*, ou à	22	8	6 milli-

mètres, si la distance des trous *cp* est de 24 millimètres.

Toutes les fois que α sera plus grand que 0°, il y aura stabilité d'embrayage, parce que l'oblique *pd* ou *pd′* coupera toujours à droite ou à gauche du point *c*, l'un des côtés du rectangle.

Le compteur. — Le compteur est destiné à faire connaître, pour chaque instant, le nombre de tours entiers et parties de tours, faits par la manivelle depuis un point de départ déterminé. En faisant donc agir la manivelle plusieurs fois de suite, et chaque fois d'après les indications du compteur placé dans les mêmes circonstances, on mesurera, par le fait, des arcs égaux sur la circonférence. Tel est son but, et voici sa construction.

Les deux roues g^2 et g^3 sont ajustées entre les deux platines qui forment la cage, comme le sont, dans une montre, les deux roues qui conduisent les deux aiguilles. Comme elle aussi, leurs axes creux ou solides débordent la platine; ils sont de plus épaulés, filetés à leurs extrémités, pour fixer à volonté, au moyen d'écrous moletés, les aiguilles ou disques gradués qu'elles doivent conduire. Les deux roues g^2 et g^3 ont le même diamètre, mais la première a 100 dents et l'autre 101; les dents sont donc assez égales pour que ces roues puissent être menées par la même vis sans fin (voir les fig. 12, 13 et 14). La douille ou canon de g^2 porte un disque de 74 millimètres de diamètre, gradué sur son contour cylindrique; il porte 100 divisions, numérotées de 10 en 10, qui passent successivement sous l'index fixe f^2, placé au sommet de la cage. Cette roue seule et son disque suffiraient donc pour compter tout nombre de tours de manivelle qui n'excéderaient pas 100. Mais tous les plateaux ont plus de 100 stries; il devient alors indispensable de compter les centaines elles-mêmes, ou, ce qui revient au même, chaque tour de la roue g^3 : telle est la destination de la roue g^3.

Supposons que l'on ait fait une marque sur la dent de chaque roue qui se trouve en contact avec un certain filet de la vis (on peut même admettre que la vis n'ait que ce seul filet), et que ces deux dents portent chacune un zéro; supposons de plus que les dents suivantes de g^2 soient numérotées des chiffres 1, 2, 3, etc., d'après leur ordre de passage sur le filet, et suivons les mouvements du compteur.

Après 100 tours de manivelle, 100 dents de chaque roue auront passé sur le filet unique; par conséquent, la roue qui n'a que 100 dents aura terminé une révolution complète; son zéro sera revenu sur le filet; mais l'autre n'y sera pas encore arrivée, puisqu'elle a 101 dents. Pour trouver la situation respective des deux zéros, complétons la révolution de la roue de 101 dents; il est évident qu'en tournant un tour de plus, le zéro de la roue de 100 dents cédera sa place à la dent suivante ou au nº 1, et, au même instant, le zéro de la roue de 101 se rencontrera avec lui sur le filet. Ce qui vient d'avoir lieu pour une première centaine aurait lieu de même pour la seconde, pour la troisième, etc., c'est-à-dire que, lors de l'arrivée du zéro de la roue de 101 au filet de la vis, le nº 2, le nº 3, etc., de l'autre roue s'y trouveraient en même temps que lui; en sorte que la graduation de la première roue pourrait servir de cadran pour le zéro de la seconde, qui deviendrait ainsi un véritable *index* pour les centaines de tours. C'est effectivement sur ce principe que se trouvent faits beaucoup de compteurs; mais c'est à tort. Le mode est vicieux en ce qu'il produit une erreur d'une demi-dent, après 50 tours, par suite de la différence de grandeur des dents, dont les unes sont des 100mes de circonférence et les autres des 101mes. Il y a alors ambiguïté ou incertitude dans la lecture, l'index tombant entre deux divisions, tandis qu'il devrait tomber exactement sur l'une d'elles (ici ce serait sur la plus avancée, suivant l'ordre nu-

mérique, et ce serait le contraire si le compteur eût été fait avec des roues de 99 et 100 dents). Nous avons évité cette faute, en faisant sur la face plane du disque une autre graduation en 101mes, qui sert spécialement pour l'aiguille fixée sur l'axe de la roue g^3. Cette aiguille e^2, tient lieu du zéro que nous avions supposé d'abord. On n'a pas complété la division de la circonférence entière, parce que le plateau n'ayant que 5192 stries, 52 ou 53 divisions seulement suffisaient. (L'écrou de l'ajustement de l'aiguille manque sur les fig. 12, 13 et 14.)

On voit sans difficulté, d'après ce qui précède, que l'on peut toujours mettre le zéro du disque sous l'index fixe, et l'aiguille de la roue g^2 sur son zéro, quelle que soit la position de la manivelle, et quel que soit aussi le numéro de la strie embrayée.

Subdivision des stries en 1000 parties égales. — Nous ne devons pas perdre de vue qu'en adoptant un taraud de 1 à 2 millimètres de *pas*, les stries que nous avons créées ne sont plus des parties négligeables; une *de plus*, une *de moins*, n'est pas sans importance, et loin de les regarder comme telles, nous avons cru nécessaire de les diviser en 1000 parties. Pour y arriver, il se présentait un moyen très-simple qui consistait à monter sur l'arbre de la manivelle un cercle ou disque a^2, qui, à volonté, pût tourner avec elle, et qui fût gradué en 1000 parties; puis enfin de placer un index fixe devant lequel vinssent se présenter successivement toutes les parties. L'index fixe était donné naturellement par le disque b^2, dans lequel tourne la manivelle et que nous savons être immobile; il a suffi d'y tracer une ligne droite qu'on a marquée d'un zéro. L'autre disque, de même grandeur, et n'ayant que 74 millimètres de diamètre, n'a été divisé qu'en 100 parties qui ont été numérotées de 10 en 10 dans l'ordre convenable; des lignes plus longues de 5 en 5 facilitent la lecture des divisions intermédiaires, et pour subdiviser en 10 chacun des 100mes du disque, il a suffi d'ajouter à la ligne 0 de b^2 un nonius, ce qui n'offrait aucune difficulté.

On voit que le disque a^2 doit tourner librement sans toucher l'autre disque b^2, ce qui suppose que le plan de leur cercle est bien perpendiculaire à la manivelle. Pour garantir cette condition, le disque a^2 a été fondu avec une douille un peu longue, et il vient butter contre un petit épaulement réservé sur l'arbre. On facilite l'ajustement en rapportant sur l'arbre, contre l'épaulement, une virole de 3 millimètres d'épaisseur tournée en chanfrein, et c'est contre ce chanfrein que vient s'appuyer le disque a^2, fraisé convenablement, lorsqu'on tourne l'écrou moleté à trois filets qu'on voit à gauche sur les fig. 12 et 13. En ôtant la virole pour diminuer son épaisseur, on règle la distance des deux disques sans démonter l'arbre.

Nonius ou Vernier. — Sous ce nom, qui était celui des inventeurs, on désigne un petit appareil que l'on applique sur une *ligne*, sur une *règle* graduée, et au moyen duquel on subdivise chacune des parties égales de la règle en parties plus petites, sans cependant augmenter le nombre des

graduations de cette dernière. Avec un mètre ordinaire, par exemple, divisé seulement en centimètres, on pourra, au moyen du nonius, évaluer des longueurs en millimètres, ou autres parties du centimètre, comme si le mètre était lui-même divisé en millimètres ou autres subdivisions.

Le nonius s'applique également aux arcs gradués : ce que nous dirons du premier servira mot pour mot pour les nonius circulaires. Lorsque la règle est fixe, le vernier doit être mobile, et *vice versâ;* en voici la théorie et la construction :

Soient prises sur deux lignes parallèles AA′, BB′ très-rapprochées (fig. 11, pl. 2) deux longueurs égales et correspondantes, O....V, et *o*.....6, dont l'une (celle qui est prise sur BB′ et que nous appellerons N) soit divisée en *n* parties, 6 par exemple, et que l'autre partie (celle qui est prise sur AA′, et que nous appellerons M) le soit en $n \pm 1$, c'est-à-dire en 7 ou 5; supposons 5 comme l'indique la figure.

En admettant ces constructions, nous disons que l'une de ces deux lignes servira de nonius à l'autre; mais il faudra alors imaginer cette autre ligne prolongée et graduée comme l'est déjà la partie à laquelle elle appartient. Nous avons donc à démontrer que si nous prenions N pour nonius de la règle AA′ prolongée, il subdivisera pour ainsi dire chacun des espaces égaux O.....I, I.....II, etc., de M ou de la ligne AA′ en six parties égales.

A l'inspection de la fig. 11, on voit d'abord que les deux lignes M et N n'ont aucun point de division et ne peuvent en avoir aucun qui se corresponde, si ce n'est le premier et le dernier de ces deux lignes. C'est ordinairement à l'un d'eux que l'on rapporte l'une des extrémités des longueurs à mesurer, l'autre extrémité se comptant, bien entendu, de l'origine A de la règle. Pour distinguer ce point ou cette ligne, on la marque d'un zéro ou d'une flèche, et on l'appelle le *zéro*, l'*index* ou le *repère* du nonius. Nous n'avons pas à nous occuper de la partie A.....O de la règle, sa longueur se trouve donnée par le numéro d'ordre du point O relativement à A, mais seulement de la fraction qui peut être parcourue en *plus* par l'index du nonius, comme on le voit dans la figure ombrée sur laquelle sont posées trois verniers différents.

On remarquera d'abord que la distance des lignes de division de M et de N qui portent les mêmes nombres (les uns désignés par des chiffres romains, les autres par des chiffres arabes) va graduellement en augmentant à commencer des deux zéros où elle est nulle jusqu'aux 6.....VI où elle est égale à une division entière de M. Si nous imaginons que l'on fasse mouvoir le nonius N vers B′, non d'une vitesse uniforme, mais par saccades successives, et telles que l'on ait fait correspondre d'abord 1 avec I, ensuite 2 avec II, 3 avec III, etc., etc., *ordre forcé* de correspondance d'après ce qui précède, et enfin 6 avec VI; il est évident que le point 6 ne pouvant se mouvoir sans entraîner avec lui le point 0, quand 6 aura été transporté sous VI, le point 0 aura été amené sous I, et comme le transport total n'a

eu lieu qu'après 6 bonds successifs que nous prouverons être égaux, il s'ensuit que 0 a dû stationner six fois en allant de O à I. On a figuré ces stations sur la ligne, et chaque intervalle en est un sixième. La seule difficulté est de reconnaître sans le secours des marques de station, à laquelle se trouve transporté le zéro du nonius lorsqu'il ne correspond plus à O, ou à l'origine d'une division de la règle.

Or, on remarquera que le numéro d'une station quelconque de 0 est toujours donné par la correspondance de chiffres des divisions qui viennent en contact; ainsi la première station résulte de la coïncidence des deux divisions marquées 1 et I ; la deuxième vient de celle des divisions 2 avec II, et ainsi des autres. Il suffira donc, pour connaître la position du zéro, de chercher le numéro des divisions qui se correspondent, et ce numéro est toujours donné par les chiffres écrits ou sous-entendus du nonius; on trouvera à la lecture que le premier nonius de la règle ombrée a son zéro à 1 division 4/6 de A; que le zéro du second en est distant de 21 divisions 2/6; et enfin que le dernier indique une longueur de 31 4/10 ou 31,4.

Ce dernier nonius donne les 10es parce qu'il est divisé en 10 parties qui sont équivalentes à 9 de la règle. Son point zéro se trouve au milieu.

Les bonds, ou distances de stations de l'index, sont égaux, parce que *tous* ils sont les différences de l'une des parties du vernier comparée à l'une des parties de la règle que l'on prend toujours pour unité. Soit, en effet, a, l'une des divisions de M ou de la règle, et b, l'une des divisions de N ou du vernier.

Les conditions de construction, adoptées pour la fig. 11, donnent :

$$6\,b = 5\,a \qquad \text{d'où } b = \frac{5a}{6} \text{ ou } b = a - \frac{1}{6}\,a$$

Et comme M pouvait, d'après notre définition, être partagé en $n + 1$ de parties, c'est-à-dire 7, on aura cette autre équation :

$$6\,b = 7\,a \qquad \text{d'où } b = \frac{7\,a}{6} \text{ ou } 6 = a + \frac{1}{6}\,a$$

et, en définitive,

$$b = a \mp \frac{1}{6}\,a$$

c'est-à-dire que dans les deux cas, soit que M contienne $n + 1$ ou $n - 1$ de parties, le nonius donnera des sixièmes; mais pour $n + 1$ la lecture se fera dans un ordre inverse.

Nota. En construisant sur un morceau de papier les six lignes de N, et les transportant sur la règle A A′ on se rendra compte de tout ce qui précède avec la plus grande facilité.

Erreurs des stries. — Le compteur et le nonius combinés avec les stries seraient suffisants pour la graduation d'un plateau si les stries étaient égales ; l'expérience prouve qu'elles ne le sont pas. Peut-être la vis-taraud, en se frayant un passage dans le métal, a-t-elle rencontré quelques particules de matières plus dures, telles que celles que l'on nomme des *grains* qui l'ont forcée à passer au delà, ou à rester en deçà du chemin que le filet aurait dû suivre. On ne voit rien d'inadmissible dans une telle supposition ; mais il est une autre cause d'inégalité qui, suivant nous, est plus réelle, et qui agirait encore sur une matière homogène, parce qu'elle tient au mode même d'opération. Pour mieux développer notre idée, prenons un exemple : supposons qu'une première *passe* de striage vient d'être faite, et que par hasard un nombre exact, un nombre entier de filets, 5000 par exemple, ont été tracés sur le bord *circulaire* d'un plateau de 2m800 de diamètre ; nous disons *tracés*, c'est-à-dire n'ayant pas la profondeur définitive à laquelle elles doivent atteindre ; on peut admettre que cette profondeur totale doive être de 1 millimètre 1/2. Comparons maintenant à 5000 le nombre de stries que contiendrait une circonférence dont le diamètre ne serait plus que 2m797 ou 2m800 diminué de 3 millimètres pour les deux profondeurs de 1 millimètre 1/2 du filet. On trouvera facilement par le calcul que cette dernière circonférence n'en pourra plus contenir que 4995. Il faudra donc qu'en continuant le striage il y ait absorption, si l'on peut ainsi s'exprimer, de 5 stries, ou de 1 strie à chaque passe, si chaque passe se fait régulièrement à 1/5 de la profondeur demandée. Rien ne s'opposant à ce que l'opération soit ainsi conduite, suivons-en les conséquences. Après la première passe, il existait 5000 stries, et le taraud se trouvait revenu au filet de départ. A la fin de la deuxième passe, il n'y a plus que 4999 stries. Les dernières stries ont-elles détruit les 5000 premières, ou subsistent-elles ensemble? Quelle que soit la supposition admise, nous disons que, si les premières stries étaient égales, les dernières ne peuvent l'être. On voit, en effet, que les 4999 stries ont dû se trouver distribuées sur les 5000, comme les divisions d'un nonius le sont relativement à celle de sa règle, ou en d'autres termes que les nouvelles marques à leur origine, et à leur point d'arrivée, se sont confondues avec les anciennes ; qu'insensiblement elles s'en sont écartées, et qu'au milieu de la course totale elles ont dû tomber au milieu des marques précédentes. Or il est évident que là le taraud a tracé son sillon dans un terrain neuf ; là il n'a pu pénétrer à la même profondeur, tandis que, vers le commencement et la fin de la course, obligé de faire un sillon près d'un autre déjà tracé, il a dû céder à une tendance naturelle à retomber du côté où il trouvait une moindre résistance. Quel que soit donc le résultat de cette seconde passe, on voit que, n'étant pas faite avec les conditions d'uniformité qui présidaient au premier travail, il ne peut plus être le même ; et il est facile de conclure qu'il y a eu *creusement* du plateau dans certaines parties de son bord, *qui a cessé d'être circulaire*. Cette déformation, il est très-essentiel

de le remarquer, a dû se faire suivant une loi qu'on pourrait dire assez régulière, ou du moins sans transition brusque. C'est aussi ce que confirment les observations que nous avons faites pour déterminer les *erreurs* des stries. Quoique cette expression cesse d'être correcte, puisque les stries peuvent rester égales, et représenter des arcs inégaux lorsqu'elles se trouvent à des distances variables du centre, nous continuerons à l'employer sans inconvénient, notre méthode de correction s'appliquant à toutes les espèces d'erreurs, même à celle qu'aurait la vis elle-même.

Nous avons cru devoir placer ici ces détails pour désabuser les personnes qui ont une foi explicite dans un striage quelconque, il y en a beaucoup. En général, pour trouver l'erreur de chaque strie, il faudrait les comparer avec une strie moyenne, ce qui suppose résolu le problème dont nous nous occupons, il ne l'est pas. Cependant, d'après ce que nous connaissons du striage, nous savons qu'il est impossible qu'un petit nombre de stries consécutives aient des différences bien inégales. Il suffirait donc de partager également, entre les stries qui composent un petit groupe, l'erreur totale qui lui appartiendrait, à moins que quelque loi particulière n'exigeât un autre mode de répartition. Nous devons donc encore étudier, s'il est possible, ces lois pour les appliquer. Cette manière d'envisager les choses nous trace un chemin plus court; mais avant tout, nous devons faire connaître les instruments auxiliaires sans lesquels nous ne pourrions le parcourir. Ces instruments sont les supports, les appareils de contact, les plombs et le tracelet.

Supports en fer. — Les supports sont de petites tables rectangulaires mobiles en fer, qui s'accrochent à la ceinture de fonte D, à toutes les places, à des hauteurs qu'on peut varier au besoin, pour recevoir les appareils de contact; l'un d'eux, B′, est vu en place dans la fig. 9, pl. 2, qui montre comment on le fixe par une seule vis de pression. La fig. 8 représente la partie horizontale de ce support qui constitue la table : elle seule a besoin d'être limée plane en-dessus et en-dessous. Seulement, il est nécessaire qu'en mettant la partie marquée B′ sur la fig. 9 dans une situation *verticale*, la *largeur* de la table soit horizontale. Le bout extérieur est fendu et forme une rainure longitudinale que l'appareil de contact empêche de voir sur la fig. 8; mais on aperçoit, dans la fig. 9, l'écrou à oreille qui sert à le fixer sur le support. Le nombre des supports est *au moins de trois*; il vaut mieux en avoir quatre ou cinq.

Appareils de contact et plombs. — La fig. 8 est une projection horizontale d'un appareil de contact et de son plomb A′ : le premier fixé sur son support, le second posé sur le limbe à diviser, et tous deux dans une situation que nous appellerons *position de contact*, c'est-à-dire telle que la pointe de la vis s^2, en touchant celle du levier E E, le fasse correspondre exactement au milieu des divisions qu'on aperçoit sur l'arc gradué que nous appellerons la *queüe* de l'appareil. On trace sur le plomb une ligne A qu fait partie de cet alignement, la petite vis s^2 doit lui être perpendiculaire

La fig. 9 représente les mêmes appareils en élévation : A′ est le plomb, E l'appareil, C′ la base et B′ le support.

Le plomb est un morceau de ce métal, de forme rectangulaire, épais de 2 à 3 centimètres sur lequel on a vissé une platine r' de cuivre, à deux oreilles dans lesquelles tourne un arbre cylindrique terminé par deux pointes coniques. L'une des pointes entre dans un trou foré dans l'une des oreilles; l'autre pointe est portée par un bout sur une vis en cuivre garnie de son contre-écrou. Enfin cet arbre traverse une pièce de cuivre r^2, de section carrée, percée à chaque extrémité d'un trou taraudé. Le premier reçoit une vis moletée verticale, s'opposant à l'action du ressort qui tend à faire baisser cette partie; l'autre trou porte une vis horizontale s^2 à tête moletée et terminée par une pointe conique faite sur le tour et *terminée à la lunette.* Le bout r^2 est fendu dans sa longueur pour faire ressort sur la vis et lui donner un mouvement doux, régulier, tel en un mot que le plomb n'éprouve aucun dérangement lorsqu'on la tourne.

On enfonce sur le plomb, dans la direction A, ponctuée, fig. 8, un clou sans tête qui, combiné avec l'oreille droite de la platine r', détermine un alignement qu'on fait passer par le centre du plateau. La pointe sert encore à porter quelques morceaux de carton marqués de l'une des lettres A, B ou C, dont nous verrons l'utilité plus tard.

On ne peut employer moins de trois plombs; mais on économise beaucoup de temps, et on obtient des vérifications plus faciles en en prenant six ou un plus grand nombre.

L'appareil de contact (1) se compose de trois pièces : 1° d'un levier E à mouvement horizontal; 2° d'une *pièce-bascule* D′ à mouvement vertical; et 3° d'une pièce C′ servant de base à tout l'appareil.

Le petit levier E, qu'on rendra le plus léger possible, est traversé au 11• environ de sa longueur par un axe d'acier vertical, porté et maintenu dans cette situation par la petite potence ou pilier vu sur la fig. 9. Ce levier doit être très-mobile et sans ballottement dans son collet supérieur; son pivot repose dans un petit trou conique, foré à demi-épaisseur dans l'extrémité de la pièce D′. L'un de ses bras est terminé par un petit arc formant nonius, et l'autre est un morceau d'acier soudé au grand bras de cuivre. Il doit être limé avec beaucoup de soin, de manière que sa face plane se confonde avec le plan passant par l'axe vertical et le zéro du nonius. Cet ajustement est le plus difficile à faire; lorsqu'il est presque obtenu, on lime en pointe ce bout de levier, et on l'achève avec la pierre à huile.

La seconde pièce D′ de l'appareil est en cuivre fondu; elle est évidée comme le montre la fig. 8, et porte aussi *une queue* circulaire, sur laquelle on rapporte une masse de cuivre en forme d'arc, d'environ 7 millimètres d'épaisseur. Cet arc est gradué en parties égales qui peuvent être des demi-

(1) C'est à l'obligeance de M. Gambey que je dois la connaissance de l'appareil de contact : j'ai dû y ajouter pour mon usage particulier la vis de traction t^2 et la vis butante t^3; la disposition de sieu permet de croire qu'il le place sur le plateau. (Guenet.)

millimètres numérotés de dix en dix, à droite et à gauche de la ligne du milieu. La fig. 8 laisse apercevoir sur cette dernière un trou assez profond destiné à recevoir à volonté un fil d'acier qui, combiné avec la pointe de l'axe vertical du levier EE, sert à *orienter* ou diriger l'appareil vers l'axe du plateau; on remplace ensuite le fil d'acier par la tige d'une petite loupe pour faciliter la lecture et l'examen du nonius.

La pièce D′ s'appelle la bascule, parce qu'elle oscille autour d'un axe horizontal t^3, fig. 8.

L'axe t^3 est porté par la base de l'appareil C′, fig. 9. Cette base est un morceau de cuivre fondu, de forme rectangulaire, de 7 à 8 millimètres d'épaisseur, de 4 à 5 centimètres de longueur, sur 3 de largeur; il porte à ses extrémités deux petits paliers garnis de leurs chapeaux et vis de pression. Une mortaise a été faite au milieu du rectangle et suivant sa longueur; c'est dans cette mortaise et dans celle du support de fer que passe le boulon de réunion des deux pièces.

La position rectangulaire des mortaises du support de fer et de la base de l'appareil, donne la facilité d'approcher, de reculer, de porter à droite ou à gauche l'appareil de contact, ou de le tourner un peu sur lui-même, pour le diriger sur l'axe de la plate-forme.

Les petits paliers portent le petit arbre à tête moletée t^3, qui peut tourner, sans prendre de mouvement, suivant sa longueur, parce qu'on a pratiqué sur le tour, avec un peigne, des rainures angulaires et cylindriques qui correspondent à des rainures de même espèce, faites dans l'un des paliers. Cet arbre est fileté à partir du milieu de sa longueur, et se termine par un collet ou une partie plus petite. On conçoit maintenant que la pièce oscillante D′, étant placée sur lui et retenue par des coussinets placés au-dessous avec des vis dont la tête est en-dessus, pourra, en tournant l'arbre à tête moletée t^3 dans un sens ou dans l'autre, se transporter sur cet arbre de 6 à 7 millimètres, si on a laissé ce jeu en faisant la pièce évidée moins large que la distance des paliers. Pour forcer la pointe du levier E à suivre les mouvements de la pointe de la vis s^2, on a placé au-dessous de ce levier, et très-près de son arbre vertical, une petite goupille sur laquelle agit un petit ressort formé d'un fil de laiton ou d'acier, dont une extrémité est maintenue par un petit coin dans une rainure de la pièce évidée, ou bascule D′.

La situation ordinaire de l'appareil n'est pas celle qui est représentée sur la fig. 9. Par suite de la longueur des leviers et de la charge rapportée sur la queue de l'appareil, l'instrument doit basculer, et la pointe d'acier rester en l'air à une hauteur assez grande pour que la tête de vis s^2 du plomb puisse librement passer dessous. On doit sous-entendre ici qu'un doigt de la main gauche appuie sur une petite vis t^2, ou qu'un coin a été placé sous la queue de l'appareil. La vis t^2 sert à limiter l'oscillation de la bascule, et à la maintenir à peu près horizontale; et si dans cette dernière situation elle ne peut être rencontrée par la vis s^2, on tourne la vis s' plus ou moins

et dans le sens convenable pour mettre les deux pointes à hauteur de contact.

Le tracelet. — La fig. B donne une idée du tracelet ou machine servant à tirer des lignes sur les instruments à graduer. La partie antérieure à droite est le porte-outils, que l'on conduit quelquefois à la main ; mais il est préférable d'employer pour cela un levier comme celui qui se trouve à gauche sur la figure. Au moyen de quelques combinaisons, que chacun peut imaginer, on limite la grandeur des lignes à tracer. L'outil peut être une simple pointe conique ; mais, si l'on veut couper le métal plus profondément, on lui donne la forme du biseau des planes ou ciseaux des tourneurs en bois, et on varie sa pression, soit par des rondelles de plomb, soit par un ressort, comme dans les machines à graver.

Le tracelet se place sur l'un des supports en fer décrits précédemment. Nous ajouterons ici qu'il doit être muni d'une pièce qui le tienne suspendu lorsqu'il ne fonctionne pas, et qui l'élève assez haut pour qu'il ne gêne pas le passage des plombs qui servent à la division du plateau.

Le tracelet doit s'*ajuster* de manière à décrire une partie du rayon du plateau.

Dispositions générales et division du plateau. — L'emplacement dans lequel devra se faire la division du plateau sera au rez-de-chaussée ; il devra être clos et protégé contre la poussière, contre les courants d'air froid ou de chaleur qui pourraient agir seulement sur une partie du limbe.

La vis tangente et les stries seront scrupuleusement visitées et nettoyées, afin qu'il ne s'y trouve plus d'huile coagulée ni d'ordures. Il faudra vérifier tous les ajustements, et, après avoir fait disparaître tous les ballottements, serrer les contre-écrous, en s'assurant de suite que chaque pièce a encore ou n'a plus que le jeu nécessaire.

La vis tangente étant embrayée avec le plateau, on mettra la poignée de la manivelle à sa position inférieure ; on ajustera ensuite le compteur, en faisant correspondre les trois zéros avec les index ou aiguilles. A peu de distance du point de contact de la vis et du plateau, on placera le *tracelet*, de manière qu'il puisse tracer, à un demi-centimètre du bord extérieur du plateau, les lignes qui doivent servir à compter les stries. Nous l'avons fixé au-dessus du *collier* conique l^2 (fig. 12), parce que ce collier pouvait porter plus tard une petite platine servant d'*index* aux divisions du plateau ; ici commencent les opérations.

La manivelle étant toujours à zéro, on tracera une première ligne ; il est bon de la placer vis-à-vis d'un rayon du plateau qu'on distinguera des autres par une marque quelconque, afin de faciliter la recherche de cette première ligne, que nous, nous appellerons toujours le zéro du plateau.

On tournera ensuite la manivelle jusqu'à ce que le disque e^3 du compteur vienne présenter sous l'aiguille fixe sa dixième division, et la poignée étant bien en bas, ce qu'on reconnaîtra au moyen du nonius, on marquera

un second trait; puis, tournant encore 10 autres tours, on fera une troisième ligne, et ainsi de suite. Aussitôt que les dix premières lignes auront été tracées, on écrira près de la suivante le chiffre 1. Le disque du compteur doit alors avoir son zéro sous l'aiguille fixe, et l'aiguille mobile doit pointer 1. On continue, en plaçant successivement les chiffres 2, 3, 4, etc., à la fin de chaque centaine, et pour s'habituer à la lecture des compteurs, on vérifiera de temps en temps leur indication avec la position du plateau relativement à son index.

Aussitôt que toutes les marques auront été faites, la manivelle étant remise en bas, et le zéro du plateau revenu à sa place, on lira les compteurs pour connaître le nombre total des stries, et de suite on ôtera le tracelet pour ajuster la petite *platine-index* sur la ligne 0 du plateau.

On présentera ensuite à l'index toutes les lignes tracées sur le plateau, en embrayant chaque fois, pour s'assurer que chaque filet vient bien se loger sans difficulté dans la strie qu'il doit remplir.

Observation essentielle. — On sait qu'il existe toujours dans l'emploi de la vis sans fin un peu de temps perdu, par suite duquel on pourrait tourner la manivelle de quelques millièmes de tours à droite ou à gauche, sans qu'il s'ensuivît aucun mouvement du plateau. Pour profiter de toute la précision que peuvent donner le nonius et la vis, il faut que la pression de son filet sur la strie du plateau soit une quantité constante. On ne doit regarder comme *bonne* une position du plateau, qu'autant qu'il y aura été amené par l'action de la vis sans fin. En d'autres termes, la position du zéro du plateau, celles de la 10e, 20e, etc., stries, ne doivent pas être considérées comme exactes, après l'opération *immédiate* de l'embrayage de la vis telle que nous venons de la pratiquer dans l'alinéa précédent.

En effet, si le filet entre exactement dans la strie, il n'y a plus pression de la vis sur le plateau; si le filet de la vis, avant d'arriver au fond de la strie, rencontre ses faces obliques, il se fait un choc suivi de réactions qui diminuent insensiblement, et ne laissent pas, en définitive, le plateau sous l'action de la pression à laquelle il sera soumis après que l'on aura tourné la manivelle deux ou trois tours; il peut même arriver que la pression du plateau et de la vis ait lieu en sens contraire.

Pour avoir la position véritable du plateau correspondant au zéro, à la 10e, 20e, etc., stries, il faut donc embrayer *au moins* la strie précédente, ou plutôt l'avant-dernière, et pour cela, on fait, à gauche du *trait principal* de la platine qui sert d'index, un autre trait moins long, sans marque distinctive, qui en soit distant de deux filets, et sur lequel on dirige les divisions du plateau. On tourne ensuite deux tours en prenant soin de diminuer graduellement la vitesse de la manivelle, qui doit être nulle quand le zéro du disque correspondra au zéro du nonius.

Ces précautions doivent s'appliquer non-seulement aux tours complets, mais encore à toutes les parties de tours que l'on aura à produire.

Le premier appareil de contact doit se placer à une petite distance de la

manivelle, afin que l'œil puisse sans trop de gêne lire le compteur, particulièrement le nonius, et juger la position du levier de contact de cet appareil. La place choisie sera convenable, si aucun obstacle ne s'oppose au placement d'un autre appareil dans une position diamétralement opposée sur le contour en fonte, et si de plus il reste, vers la droite de l'opérateur, un tiers de circonférence, dont il puisse disposer (toujours sur le contour en fonte) pour placer à toutes distances un troisième appareil.

Nous admettons donc qu'un premier appareil vient d'être placé, et qu'il est orienté de telle manière que, son levier étant à zéro, sa ligne milieu soit dirigée vers l'axe du plateau.

Ce premier appareil, que nous désignerons par S, initiale de *stable*, doit rester à demeure jusqu'à la fin de l'opération, ce qui permet de simplifier un peu sa construction, en remplaçant son arbre à tête moletée t^3 par un simple axe à pointes coniques comme celui de r^2. La manivelle étant toujours à 0, on ajustera un premier plomb, comme le montrent les fig. 8 et 9, avec les précautions précédemment indiquées, pour que les deux pointes de l'appareil et de la vis se touchent seulement, et que le levier soit à zéro. La position horizontale du levier n'est utile que pour diminuer l'influence du poids de son grand bras sur la sensibilité de son mouvement.

Connaissant le nombre des stries (ici 5192), on en prendra la moitié, et, débrayant le plateau, on le tournera à la main, pour amener à l'index fixe la strie 2596. Par suite de ce mouvement, le premier plomb sera transporté à 180° de son point de départ. On arrêtera alors le plateau, la manivelle étant à 0, pour exécuter les deux opérations suivantes :

La première sera le placement d'un nouvel appareil, dont la pointe d'acier devra correspondre avec la pointe du plomb, et comme aucune partie de ce plomb ne devra être changée, les vis t^3 et t^2 de l'appareil, combinées avec le support, devront faire tous les frais de l'*ajustement*.

La seconde sera le placement d'un autre plomb *ajusté* sur l'appareil stable qu'on ne doit toucher que pour le faire basculer.

Les deux pointes des plombs peuvent être considérées comme les extrémités d'une corde appartenant à une circonférence aérienne, bien perpendiculaire à l'axe du plateau : si cette corde est un diamètre, en présentant tour à tour chaque moitié de la circonférence au contrôle des deux appareils, il devra les affecter tous deux de la même manière, en un mot, il devra y avoir un contact simultané des deux appareils avec les deux plombs, quel que soit celui des plombs que l'on présentera à l'appareil S.

Dans notre expérience, le compteur et le nonius marquaient 2596, 674, lorsque les contacts ont été simultanés dans les deux épreuves. Ainsi, 2596 stries à compter de zéro ne représentaient pas une demi-circonférence : l'erreur de la strie 2596 était évidemment 0,674, et la correction + 0,697. La solution du problème suivant fera connaître comment on a trouvé la valeur de cette correction additionnelle.

Étant donnés deux points sur le plateau, partager en deux l'arc qui mesure l'angle formé par les deux rayons passant par ces points.

Solution. — On tracera les deux rayons que l'on amènera tour à tour à l'index fixe du plateau, et les compteurs donneront immédiatement les numéros des stries qui leur correspondent. Pendant que le premier rayon stationnera devant l'index, on ajustera un plomb sur l'appareil S. La pointe de ce plomb sera l'une des extrémités de l'arc à diviser, et, en répétant cette opération pour l'autre, on trouvera également la position du nouveau plomb, qui en représente la seconde extrémité.

Il ne reste plus qu'à placer un troisième plomb B, entre les deux premiers, qui soit le milieu de l'arc donné AC (fig. 1, ci-dessous) : nous représenterons toujours par ces trois lettres tous les arcs à subdiviser.

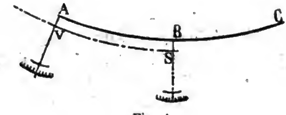


Fig. 1.

Tout arc AC dont on cherche le milieu peut être considéré comme composé de deux parties AB, BC, qu'on a l'intention de rendre égales, ou dont on veut annuler la différence. Pour trouver la différence de deux arcs qu'on ne peut superposer, il faut les comparer successivement à une même mesure, et celle que nous choisirons toujours, c'est l'arc AB, ou la partie de AB qui se trouve toujours à droite de l'observateur, lorsque *sa convexité est tournée de son côté* (1).

Si l'on a bien compris ce que nous avons appelé l'*ajustement* des plombs relativement à leurs appareils, on a dû voir que si, d'une part, les pointes des plombs représentent les extrémités d'un arc, d'autre part, les pointes d'acier donnent aussi le même arc, lorsque leurs leviers sont simultanément à zéro. Les appareils forment donc une espèce de *calibre*, auquel se présentent tour à tour les arcs que l'on veut comparer. En tournant le plateau dans le *sens direct*, ou de manière que les chiffres passent à l'index dans l'ordre naturel, les arcs soumis à l'expérience arriveront au calibre par leur *origine*, et pour éviter toute confusion, le plomb qui représentera cette origine portera pendant l'expérience seulement la lettre A, le dernier aura la lettre C, et le plomb dont on cherche l'erreur la lettre B. On sait que ces lettres écrites sur des cartons sont mobiles et se placent sur le clou sans tête qui se trouve à la queue du plomb.

La première chose à faire est donc d'ajuster les deux appareils S et V (V est l'appareil mobile ou variable) sur les plombs B et A, c'est-à-dire S

(1) La fig. 1 ci-dessus devrait être retournée, c'est-à-dire la partie à droite devrait être à gauche, et réciproquement; c'est une erreur de gravure que le lecteur est prié de rectifier.

sur B d'abord, et ensuite V sur A, c'est véritablement former le calibre.

Aussitôt que le contact simultané d'ajustement aura eu lieu, on amènera C en contact avec S, et le point B se trouvera alors transporté en b', B, b'' (fig. 2), à quelque distance de l'appareil V. En faisant basculer ce dernier appareil, son levier prendra nécessairement l'une des trois positions de la

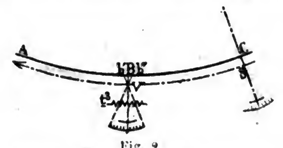


Fig. 2.

fig. 2, et plus probablement l'une de celles qui sont ponctuées. En tout cas, on tournera la vis de transport t^3 jusqu'à ce que le levier, d'abord éloigné de six divisions, de la ligne du milieu par exemple, en soit rapproché de trois seulement, et on achèvera de le ramener au zéro au moyen de la vis du plomb B.

Si le nombre de divisions qui composent l'arc d'écartement est très-petit, on le mesurera au moyen du nonius de la queue du levier; ce nonius servira encore pour en prendre la moitié, et on achèvera de mettre en contact comme ci-dessus. Il est probable que dans ce dernier cas l'ajustement du plomb sera définitif, c'est-à-dire que des contacts simultanés auront lieu en ramenant B sur S. Deux ou trois essais au plus doivent suffir. Dans la dernière expérience, on apportera le plus grand soin pour amener B en contact avec S, c'est-à-dire en évitant de *détourner* la vis tangente, et si l'opération est *bonne*, on écrira de suite le numéro de la strie qui se trouve à l'index, avec la fraction décimale qu'aura donnée le nonius de la manivelle. Ce nombre donne la position exacte de B, milieu de A C, et doit entrer comme élément dans la composition de la table des erreurs. A mesure que tous les points B seront ainsi trouvés, on marquera sur le limbe avec le tracelet les lignes de division qui leur correspondent.

Pour trouver très-approximativement la position à donner au plomb B, on prend la moitié de la différence des nombres des stries de A et de B que l'on ajoute au nombre de A. On amène ensuite ce dernier nombre augmenté à l'index, et on ajuste B sur S. En ramenant C sur S, le plomb B détermine très-approximativement la place de l'appareil V, etc.

On remarquera qu'il y a trois circonférences différentes employées pour la division du plateau.

D'abord celle des stries qui a son zéro et sa platine-index fixe; secondement la circonférence idéale dont le zéro est le premier plomb placé, et l'appareil S, l'index immobile; et enfin la circonférence des divisions du tracelet dont le zéro dépend de la position qu'on lui a donnée, à gauche de l'appareil stable, et dont l'index est le tracelet même.

Le procédé que nous venons d'indiquer s'appliquera d'abord à la circonférence entière; les plombs A et C se confondront ici en un seul, puis à la subdivision des moitiés en quarts, puis à celles des quarts en 8es, et ainsi de suite tant que la largeur des appareils le permettra. Avec les nôtres, nous n'avons pu aller directement au delà des 128es, et pour obtenir des 256es on a réuni 3/128es, dont on a pris la moitié; cette opération a été répétée 128 fois.

Pour obtenir d'autres points de comparaison, on a recommencé les bisections sur d'autres bases, et on a d'abord par tâtonnements partagé la circonférence en trois parties égales; trois appareils ont été placés sur le contour, et les essais prolongés jusqu'à ce que l'on ait obtenu des contacts simultanés sur les trois appareils; ensuite, par la même méthode de bisections, on est arrivé à des 192es, etc., et toutes les positions de contacts des points B ont été enregistrées fidèlement, comme les premières, vis-à-vis des nombres que le calcul avait désignés comme exacts, en supposant les stries égales.

Nous donnons ici (fig. 10, pl. 2) une idée de la formation de la table des erreurs d'après une division de la circonférence en huit parties, faite au moyen des appareils, et nous nous proposons d'en conclure les erreurs qu'aurait données la division en seize parties qu'on ne veut pas effectuer. Pour simplifier les calculs, nous avons admis que le plateau renfermait 800 stries très-inégales, comme on en peut juger par la position des points ronds qui en limitent chaque centaine, et qu'on voit placés très-irrégulièrement de côté et d'autres des petites lignes 0, 1, 2, 3, etc.

Ces lignes, au contraire, partagent le cercle en huit parties bien égales; mais, pour fixer numériquement l'étendue de ces erreurs de stries, nous supposerons que les arcs 8...1, 1...2, 2...3, etc., que nous représenterons par les chiffres

	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	contiennent
exactement	100,	200,	300,	400,	500,	600,	700,	800	*stries moyennes*
et	101,	199,	301,	403,	505,	600,	695,	800	*stries inégales.*

Ces nombres sont répétés dans le tableau suivant, et forment les colonnes N et B.

La colonne D renferme les nombres qu'il faut ajouter à ceux de N, ou en retrancher pour les rendre égaux à ceux de B. Ils doivent avoir le signe convenable. Ces nombres sont les véritables corrections à faire aux nombres N donnés par le calcul; la colonne 2D est celle des différences observées.

La colonne P est formée des nombres de la colonne D auxquels on a ajouté le nombre 4, qui exprime la plus grande correction négative, et, par suite, toutes les corrections sont devenues positives, ce qui est plus commode.

La colonne N′ renferme les nombres qui devraient représenter les 16es

de circonférence d'après le calcul, et dont on cherche les corrections; ces dernières sont indiquées dans la colonne P′, telles que les a données la courbe que nous allons construire. Enfin N″ est la colonne de tous les 16 nombres corrigés, et le tableau définitif ne doit plus contenir que cette dernière, précédée de deux colonnes N et N′ réunies en une seule.

TABLE ET COURBE DE CORRECTIONS.

2D	N	N′	B	D	P	N″	P′	COURBE DE CORRECTIONS.
								q p
0	000		000	0	+ 4	0 4		a
		50				55 3	5 3	b
+ 2	100		101	+ 1	+ 5	105 0		c
		150				152 8	2 8	d
— 2	200		199	— 1	+ 3	203 0		e
		250				254 0	4 0	f
+ 2	300		301	+ 1	+ 5	305 0		g
		350				356 0	6 0	h
+ 6	400		403	+ 3	+ 7	407 0		i
		450				438 0	8 0	j
+ 10	500		505	+ 5	+ 9	509 0		k
		550				557 8	7 8	l
+ 0	600		600	+ 0	+ 4	604 0		m
		650				634 1	1 1	n
— 8	700		695	— 4	+ 0	700 0		o
		750				751 1	1.1	p
+ 0	800		800	0	+ 4	804 0		a
		50				55 4	5 4	b
+ 2	100		101	1	+ 5	105 0		c
		150					2 8	d
— 2	200		199	— 1	+ 5			e

Pour construire la courbe, après avoir choisi à volonté une longueur pour représenter une unité d'erreur (ici on a pris 1 millimètre), élevez des perpendiculaires équidistantes *a, c, e, g*, etc., sur une droite indéfinie ; portez sur chacune de ces perpendiculaires considérées comme ordonnées, autant d'unités de longueur qu'il y a d'unités dans chacun des nombres de la colonne P ; joignez ensuite tous ces points, d'abord par des lignes droites, puis par une seule courbe que vous rendrez la plus régulière *ou la plus hardie* qu'il sera possible : cette courbe représentera à l'œil la loi des erreurs ou plutôt des corrections ; et pour avoir celles qui correspondent aux nombres 0, 50, 150, 250, etc., il suffit d'élever une nouvelle perpendiculaire *b, d, f*, etc., entre chaque série de deux autres, de manière qu'elles forment avec les précédentes un système de lignes équidistantes.

Les longueurs des nouvelles lignes, évaluées numériquement, seront les corrections cherchées. On trouvera facilement qu'elles sont ici, 5,3 ; 2.8 ; 4, 0, etc. (colonne P′), qu'il faut ajouter aux nombres de la colonne N′.

Cette figure donne lieu à plusieurs remarques importantes ; d'abord, dans la colonne P, on trouve les nombres 3, 5, 7, 9, qui croissent uniformément, et les nombres intermédiaires trouvés ont été 4, 6, 8, dont les différences sont aussi les mêmes ; c'est ce qui devait être, la loi était fort simple, puisque les nombres formaient une progression arithmétique ; on en pourrait même conclure que l'erreur de 50 stries étant d'une unité, celle de 25 ne serait plus que de 0,5, ce qui donnerait les corrections (si l'on en avait besoin) des nombres 225, 275, 325, etc., jusqu'à 500, sans construire une nouvelle courbe. En général, si la loi des erreurs était connue, on trouverait facilement les corrections des nombres intermédiaires pour des places déterminées ; mais ces lois peuvent être très-difficiles à trouver, et dans ces cas il sera plus simple de recourir aux constructions.

L'échantillon que nous avons choisi sera loin de convaincre de la bonté de la méthode ; on nous accordera sans doute que nous pouvions en donner un autre, et c'est avec intention que nous ne l'avons pas fait. Entre deux points, on peut faire passer une infinité de courbes ; mais ici ce nombre cesse d'être très-arbitraire, parce que ces courbes doivent s'éloigner très-peu des lignes droites qui joignent les points, parce qu'elles doivent se raccorder entre elles, et que, pour cette raison, on n'est pas libre de mettre la courbure d'un côté ou de l'autre de la ligne ; les points précédents, et ceux qui suivent, par lesquels la courbe doit encore passer, tendent à la déterminer. Ainsi, par exemple, en n'ayant égard qu'aux ordonnées *a* et *b* seulement, on ne peut pas dire si la courbe sera droite, si elle sera convexe ou concave : que l'on admette le point *p* précédent (à sa place sur la ligne ou en *p′*), et le raccordement et la forme de la courbe, seront tout autres ; le point *b* donne une ordonnée 5,3, et le même point *b* (voir plus bas) est coté 5,4 ; nous avons pris ce dernier de préférence, parce que la courbe était assujétie à plus de conditions que dans le premier cas. Nous dirons, pour terminer, qu'en vérifiant avec soin les erreurs et en les calcu-

lant pour de certains points aussi rapprochés qu'on le voudra (et nous en donnerons les moyens), on trouvera une concordance très-surprenante avec les résultats graphiques, non pas dans les suppositions outrées que nous avons choisies, mais en restant dans la réalité des faits.

Pour 200 stries ou 1/4 de circonférence, nous avons admis une erreur de 9 stries. Dans le plateau que nous avons divisé qui en contenait 5192, la plus grande erreur était de 3/4 de strie, un peu plus de 1 millimètre, et il était réparti sur plus d'un tiers du plateau, sur 1947 stries.

Que l'on se représente donc 1947 stries rangées l'une contre l'autre sur une longueur de 3063 millimètres, se pressant pour n'en occuper que 3062, ou se desserrant pour atteindre jusqu'à 3064... 1 millimètre de plus ou de moins sur cette longueur! Que deviendront alors les courbes qui pouvaient effrayer? Que deviendra l'arbitraire des raccordements? D'ailleurs, les corrections ont été calculées pour des 256[es] de circonférence qui représentent 20 stries; la courbe des 1947 stries était donc supportée au moins par 85 ordonnées, sans compter les nouveaux jalons donnés par la subdivision des tiers de circonférence. Nous pensons qu'en présence de ces faits les objections doivent s'évanouir, faute de bases suffisantes.

En général cependant, lorsqu'on trouvera dans la colonne P des nombres qu'on pourrait appeler *excentriques*, dont les différences présenteraient des sauts de plusieurs unités, on devra s'en défier; il faudra les vérifier, et presque toujours on reconnaîtra qu'ils proviennent d'une mauvaise lecture des compteurs ou du nonius. Si, par hasard, il s'en trouvait un qui résistât à cette épreuve, il faudrait trouver les longueurs des ordonnées environnantes et très-rapprochées. Voici comment on s'y prendrait:

A droite et à gauche du point *excentrique* on placerait deux plombs représentant deux arcs égaux BA et BC; puis réduisant successivement la distance de l'un deux seulement, en rapprochant par exemple A de B sans toucher au plomb C : les milieux des nouveaux arcs a'C, a''C, etc., donneraient des points b', b'', qui ne différeraient du point B que de quantités aussi petites qu'on le voudrait, d'une strie, par exemple, si le mouvement de A se faisait de 2 en 2 stries seulement.

Nous pensons en avoir dit assez pour démontrer la possibilité de construire la table des erreurs et des corrections de toutes les stries, et nous terminerons cet article par une seule application.

On veut diviser le plateau en 243 parties, et on demande la strie qui donnera le premier 243[e]. Le quotient de 5192 par 243 est de 21,3662. Supposons que l'on trouve dans la table, vis-à-vis de 21, le nombre de 21,067; à ce nombre on ajoutera les décimales 0,3662, et la somme 21,433 sera le nombre que devront marquer le compteur et le nonius. Nous avons négligé ici la correction pour 0,3662, parce que la différence des corrections de strie en strie était pour le nombre de 22 de 0 strie 00054, dont le tiers, ajouté à 21,433, n'aurait pas fait varier son dernier chiffre, et nous nous sommes bornés aux 1000[es] des stries par le nonius.

Des nombres a choisir pour le plateau. — Le diamètre d'un plateau détermine nécessairement le nombre de divisions le plus grand qu'il pourra recevoir. Si les trous doivent être percés d'outre en outre, il seront plus distants les uns des autres que s'ils étaient seulement piqués ou pointés. On devra donc avant tout chercher le quotient du périmètre du plateau par la plus petite distance admise pour deux divisions consécutives; s'il ne donne pas le nombre le plus convenable, il donnera du moins les limites de ceux qu'on doit choisir.

Les nombres d'une plate-forme peuvent se classer en trois séries, quoique ces nombres se trouvent *mêlés* par ce fait qu'ils doivent être piqués par ordre de grandeur.

La première série comprend tous les nombres inférieurs qui devront se suivre sans interruption depuis 1 jusqu'à 101, 120, ou plus loin, suivant l'espace dont on pourra disposer.

La seconde série comprend tous les nombres *obligés* ou *choisis*. Dans cette catégorie, on met ordinairement :

1080, 720, pour la division du cercle en demi ou tiers de degré. (Le nombre 2160 ou 6 fois 360 tiendrait lieu des précédents; mais pour être seulement strié il suppose un plateau de 1 mètre.);

800, pour la nouvelle division centésimale;

366 et 365, nombre des jours de l'année;

1260, qui a 36 diviseurs, *ou* 840 qui en a 32, etc., etc.

La troisième série est celle des nombres de remplissage dont quelques-uns sont très-ordinairement des multiples des *nombres premiers* de la première série dès que, au delà d'un certain nombre, on ne peut plus admettre tous les nombres consécutifs, il devient nécessaire, surtout pour la construction des machines, de remplir les intervalles des nombres sans laisser de grandes lacunes, afin qu'à défaut d'un nombre de dents qu'il faudrait pour obtenir une certaine vitesse, on puisse en prendre une autre qui en diffère peu.

Pour former la série des 120 premiers nombres, il suffira de faire d'abord une liste des nombres consécutifs 61, 62, 63, etc., jusqu'à 120, puisque tout nombre inférieur à 61 sera donné par le nombre double qui fait partie de la demie série ci-dessus; puis on supprimera dans cette dernière tous les diviseurs que peuvent donner les nombres *obligés* ou *choisis*. Ainsi on effacera de suite :

120, 108, 105, 100, 90, 84, 80, 73, 72, 70, 63, 61

si l'on a conservé 1260, 1080, 800, 720, 366 et 365; et ces mêmes nombres donneront comme diviseurs au-dessus de 120, savoir :

122, 126, 140, 146, 180, 200, 210, 216, 240, 252, 270, 315, 360, 400, 420, 630,

Les *nombres premiers ou simples* qui manqueront à la première série seront donc :

67, 71, 79, 83, 89, 97, 101, 103, 107, 109, 113.

On multipliera les uns par 2, d'autres par 3, par 4, par 5, pour le remplissage seulement.

On sent ici la nécessité de savoir déterminer tous les diviseurs que peut avoir un nombre donné, ce qui suppose d'abord qu'il a été décomposé en ses facteurs *simples* ou *premiers*. Nous renvoyons pour cet objet et pour les démonstrations de ce qui va suivre, au traité très-complet d'*arithmétique de M. Bourdon.*

Tout nombre N, décomposé en ses facteurs premiers, peut être mis sous la forme

$$N = a^v\, b^v\, c^v\, d^v\, e^v \ldots \qquad (A)$$

dans laquelle a, b, c, d, e, etc., représentent 2, 3, 5, 7, 11, 13, etc., ou autres nombres premiers, tous différents, élevés à des puissances v, variables suivant les circonstances (les nombres premiers eux-mêmes seraient représentés par la formule supposée infinie, si l'on admet des exposants *zéro).*

On démontre que le nombre D de diviseurs différents d'un nombre N (mis sous la forme **A**) est donné par la formule.

$$D = (v+1)\,(v+1)\,(v+1)\,(v+1), \text{ etc., etc.....} \quad (B)$$

Pour l'employer utilement à la recherche des nombres composés auxquels on doit donner la préférence, et faire ressortir toutes les conséquences de son application, nous avons dressé le tableau suivant dont voici l'explication.

Dans la colonne (1), N_1 N_2 N_3 représentent des produits de *six facteurs simples,* comme le prouve la *somme* des exposants des lettres a, b, c,.... colonne (2).

La colonne (2) présente toutes les *formes* que ces facteurs peuvent prendre, en admettant des puissances quelconques des facteurs simples, mais toujours dans nos limites.

La colonne (3) donne le *nombre des facteurs différents* qui se trouvent dans chaque ligne de la colonne (2).

La colonne (4) donne les produits effectués dans la supposition que a, b, c,..... sont les six plus petits nombres premiers.

La colonne (5) est la valeur de $(v+1)\,(v+1)\,(v+1)$..... (formule B) pour chaque cas correspondant de la colonne (2).

La colonne (6) est la valeur numérique des produits indiqués à la colonne (5) précédente ou le nombre total des diviseurs des nombres N_1, N_2, etc., et par conséquent aussi de ceux de la colonne (4).

FORME DES PRODUITS DE SIX FACTEURS, ETC.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		COMBINAISON des facteurs simples. 2 3 5 7 11 13	NOMBRE de facteurs diff.	PRODUIT minimum des facteurs.	EXPRESSION V + 1. du nombre de diviseurs.	NOMBRE de diviseurs.
1°	$N_1 =$	$a\ b\ c\ d\ e\ f$	6	30,030	2. 2. 2. 2. 2. 2.	64
2°	$N_2 =$	$a^2\ b\ c\ d\ e$	5	4,620	3. 2. 2. 2. 2.	48
3°	$N_3 =$	$a^2\ b^2\ c\ d$	4	1,260	3. 3. 2. 2.	36
4°	$N_4 =$	$a^3\ b\ c\ d$	4	840	4. 2. 2. 2.	32
5°	$N_5 =$	$a^2\ b^2\ c^2$	3	900	3. 3. 3.	27
6°	$N_6 =$	$a^3\ b^2\ c$	3	360	4. 3. 2.	24
7°	$N_7 =$	$a^4\ b\ c$	3	240	5. 2. 2.	20
8°	$N_8 =$	$a^3\ b^3$	2	216	4. 4.	16
9°	$N_9 =$	$a^4\ b^2$	2	144	5. 3.	15
10°	$N_{10} =$	$a^5\ b$	2	96	6. 2.	12
11°	$N_{11} =$	a^6	1	64	7.	7

Il résulte de l'inspection attentive de ce tableau :

1° Qu'un nombre a d'autant plus de diviseurs différents qu'il a plus de facteurs simples *différents* (voir les lignes 1° et 2°, colonnes (2), (3) et (6);

2° Que pour un nombre déterminé de facteurs différents, qui entrent dans la composition d'un nombre, le maximum de diviseurs s'obtient lorsque les exposants sont égaux entre eux (voir lignes 1°, 5° et 8°);

3° Que quand les exposants ne sont pas égaux, les *formes* qui donnent les plus grandes différences d'exposants donnent le moins de diviseurs (voir les lignes 4° et 3°; 7° et 5°; 10°, 9° et 8°);

4° Que les puissances d'un même nombre premier donnent le minimum des diviseurs (voir ligne 11°, colonnes (2) et (6);

5° Enfin que le nombre des diviseurs dépend moins de la grandeur des nombres, que de leur *forme* lorsqu'ils sont décomposés en facteurs premiers, suivant la formule (A), (lignes 4° et 5°) : en mettant 7 pour a dans la ligne 11°, a^6 deviendrait 117,649, nombre plus grand que 30,030 et n'en aurait cependant que 7. Le nombre 1200 n'a que trente facteurs, et 840 en a 32, etc., etc.

Nous terminerons par deux observations correctives de ce qui précède. Quoiqu'il soit vrai que 1260 donne 36 diviseurs, et que 840 en donne 32, il ne faudrait pas cependant croire qu'avec ces deux nombres on aurait 68 diviseurs essentiellement différents. Pour que cela fût vrai, il faudrait que les deux produits 1260 et 840 n'eussent aucun facteur commun; il n'en est pas ainsi, ce dont on se convaincra en les mettant sous cette forme :

$$1260 = a^2\,b\,c\,d \times b \qquad \text{au lieu de } a^2\,b^2\,c\,d.$$
$$\text{et } 840 = a^2\,b\,c\,d \times a \qquad \text{au lieu de } a^3\,b\,c\,d.$$

Tous les diviseurs que donnera la partie commune $a^2\,b\,c\,d$, et il y en a 24, doivent être retranchés du total 68, ce qui laissera en définitive 44 diviseurs.

Nous écrivons la liste de ces diviseurs pour mieux mettre en évidence les 24 nombres communs.

Diviseurs communs à { 1260, 840, } 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15, 20, 21, 28, 30, 35, 42, 60, 70, 84, 105, 140, 210, 420

Diviseurs de 1260 en plus, 9, 18, 36, 45, 63, 90, 126, 180, 252, 315, 630, 1260.

Diviseurs de 840 en plus, 8, 24, 40, 56, 120, 168, 280, 840.

Nous avons aussi vu que le produit 30030 donnait 64 diviseurs, et c'était le seul, lorsqu'on ne veut employer que six facteurs. On pourrait penser que ce nombre est le plus petit qui pût donner un aussi grand nombre de diviseurs, mais on peut encore en obtenir d'autres, même avec des nombres inférieurs. Nous citerons les suivants, qui tous ont évidemment 64 diviseurs :

Produits de	9	facteurs,	$a^3\,b^3\,c^3$	ou 27000.
d°	11	d°	$a^7\,b^3\,c$	ou 17280.
d°	7	d°	$a^2\,b\,c\,d\,e$	ou 9640.
d°	8	d°	$a^3\,b^2\,c\,d\,e$	ou 7560.

Ce qui s'explique facilement par la suppression des plus forts nombres premiers que l'on a remplacés convenablement par des puissances des nombres inférieurs avec des exposants combinés de manière à donner toujours 64.

En résumé, on peut employer, pour trouver des nombres qui aient beaucoup de diviseurs, les puissances inférieures des nombres 2, 3, 5; mais il ne faut pas en abuser puisqu'on *reproduirait* des facteurs tels que 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 20, qui sont inutiles; on économisera des trous à percer en doublant seulement les très-grands nombres premiers, et plus encore en ne les doublant pas, s'il n'y a pas nécessité pour égaliser les différences des nombres de la plate-forme.

Avant de piquer ou percer le plateau, il est prudent de marquer au tracelet toutes les lignes de division, et on les tient un peu longues. Il y a un double motif pour faire cette division; le premier est de s'assurer que ces lignes représentent des arcs égaux. Le second motif, c'est qu'il est rare qu'un trou soit foré à la place exacte qui lui a été assignée, soit par la déviation du foret, et malgré les précautions que nous supposons prises pour que cela n'arrive pas, soit par toute autre cause; mais ici nous proposons, pour des vérifications, d'autres index fixes d'une sensibilité beaucoup plus grande qu'un seul trait sur une platine, ce sont des lunettes à fil. Ces lunettes sont extrêmement simples, d'une construction facile, à portée de tout ouvrier, et n'exigeant pas, pour être utiles, toute la perfection que peut leur donner un habile opticien; de plus, elles ne sont pas dispendieuses. Ces raisons nous engagent à les faire connaître.

Elles se composent, dans leur plus grande simplicité, d'un seul tube garni à chaque extrémité, de deux lentilles de même foyer, et portant à son intérieur un diaphragme à fils. La figure C (pl. 2) est l'une de ces lunettes, un peu modifiée. On appelle diaphragme une petite virole soudée à une rondelle qui lui sert de fond; indépendamment d'une ouverture de 5 à 6 millimètres, cette rondelle est encore percée sur son contour de plusieurs trous dans lesquels on fait passer un fil ou des fils, croisés ou parallèles. Pour notre objet, on emploiera ou un seul fil, qui alors doit être du diamètre de la rondelle, ou *mieux* deux fils croisés faisant entre eux un angle de 40 à 50 degrés (quelque chose comme un V ou un X), dont l'intersection n'a pas besoin d'être au centre. Les marques du tracelet ou les points du plateau viendront se montrer dans les branches du V ou de l'X, ce qui permettra d'apprécier leur position relativement à l'axe de la lunette. Les fils que l'on emploie sont ou les cheveux les plus fins, ou des brins de cocons de soie; on les fixe avec de la cire, ou avec de petites chevilles de bois et de la cire, ou au moyen de têtes de vis qui appuient sur eux. Voici maintenant les dimensions qu'on peut donner à ces lunettes, en admettant des lentilles de $0^{m}03$ de foyer. Longueur du tube, 12 à 15 centimètres. Diamètre, 0,018 plus ou moins. — Placement du diaphragme, au *foyer* de l'*oculaire*; c'est ainsi qu'on appelle le verre par lequel on regarde, l'autre est l'*objectif*. Le diaphragme sera au foyer quand on apercevra bien distinctement le fil. Le foyer est la distance à laquelle la lentille, exposée au soleil, brûle le mieux, ou donne une image distincte des objets extérieurs, etc., etc. Pour faciliter cet ajustement, on place, comme dans la fig. C, la lentille oculaire dans un tube séparé, mais cela n'est pas nécessaire en perçant une petite mortaise dans le tube, pour pouvoir pousser ou tirer le diaphragme dans un sens ou dans l'autre; une fois ajusté pour une vue, on n'a plus besoin de le toucher.

On conçoit maintenant qu'en plaçant deux de ces lunettes sur des supports fixes, et les ajustant sur deux marques quelconques du tracelet, il suffira de tourner le plateau pour amener chaque marque sous la première

lunette, et de s'assurer qu'au même instant il y a également une autre marque sous les fils de la deuxième lunette.

Pour vérifier les trous du plateau, pour s'assurer qu'ils sont bien à leur place, on mettra l'alidade dans l'un d'eux, on ajustera une lunette sur la marque qui traverse ce trou, ou sur toute autre, et en changeant l'alidade on vérifiera si chaque fois la marque se présente bien aux fils.

On est souvent obligé de faire un second *forage* avec un forêt un peu plus gros. On ne dégorge pas alors ce forêt, il se prend dans du bon acier cylindrique et il est affûté carrément; comme il n'y a plus de matière à enlever au milieu, il risque moins de se jeter d'un côté ou d'autre; il est toujours guidé par une platine d'acier trempé, dans laquelle il tourne sans ballottement, à moins que le forêt ne soit monté sur un chariot.

Beaucoup de lecteurs penseront que nous avons été trop minutieux; cependant, comme on le voit, une plate-forme dont toutes les divisions ont éte tracées bien exactes, jusqu'au dernier instant, peut devenir mauvaise par l'omission d'une seule précaution; voilà notre excuse.

NOTICE SUR QUELQUES MÉTHODES DE GRADUATION DES CERCLES.

Rechercher les premiers auteurs de la graduation des cercles, ou remonter à l'origine de l'astronomie, serait une seule et même chose, et ici une chose tout à fait superflue. Nous savons que le XVe siècle possédait déjà d'excellents astronomes: Copernic était né vers la fin du XIVe; Tycho-Brahé, Kepler, vivaient en 1580, et quoique nulle observation ne fût possible sans instruments plus ou moins exacts, on ne trouve aucune trace bien positive des procédés employés pour les construire. Tout fait croire que les astronomes s'en occupaient eux-mêmes: eux seuls en sentaient l'importance, eux seuls pouvaient en reconnaître les erreurs, et il est probable que pendant longtemps on n'eut recours qu'aux moyens qu'offrait la géométrie.

Plus tard, de 1666 à 1676, les deux principales Académie de France et d'Angleterre furent instituées. Les observatoires de Greenwich et de Paris furent construits, et dès cette époque les observations se multiplièrent, le besoin d'une plus grande perfection dans les instruments se fit sentir. En 1690, Rœmer, célèbre par ses découvertes sur la lumière, semble être l'un de ceux qui voulaient tenter un nouveau mode de graduation des quarts de cercle. La difficulté d'obtenir des subdivisions égales d'un arc donné, était toujours l'obstacle principal. Rœmer voulut éluder la solution directe du problème en composant, avec des arcs très-petits, un très-grand arc, sans s'inquiéter s'il arriverait ainsi ou non à former exactement un quart de circonférence, ce qui n'était pas d'ailleurs essentiel. — Pour cet objet,

il avait eu l'idée de réunir très-solidement deux pointes d'acier, peut-être même les avait-il faites du même morceau, et avec ce nouveau compas, ouvert de 2 à 3 millimètres, qu'il portait successivement sur un même arc, il espérait obtenir des divisions invariablement égales. Le procédé fut abandonné; on voit qu'il avait bien tous les inconvénients du compas relativement à la contexture variable du métal sur lequel il opérait.

En 1764 seulement, on trouve la publication d'une méthode qui, pour donner de bons résultats, supposait encore dans celui qui la pratiquait une dextérité peu commune, un coup d'œil parfait, et pour les précautions qu'il prenait une connaissance assez étendue des propriétés physiques de la matière. Bird reçut à cette époque de la Société royale de Londres, une récompense de 500 liv. sterling, pour la précision des quarts de cercle qu'il avait construits pour l'observatoire.

En 1765, une année après la publication des procédés de Bird, le duc de Chaulnes présenta à l'Académie des sciences de Paris un mémoire descriptif d'une nouvelle manière de graduer les instruments, et c'est véritablement de cette méthode que nous viennent encore les plus parfaites employées aujourd'hui en France et même en Angleterre.

Après lui, en 1774, et même du temps de Bird, Ramsden publia sa description d'une machine propre à graduer très-rapidement les instruments en usage dans la marine, et pour laquelle il reçut, du bureau anglais des longitudes, 615 liv. sterling, dont moitié environ comme récompense, et le reste comme valeur de sa machine qui rentrait ainsi dans le domaine public. Une traduction en français de cette description a été faite et publiée par M. de Lalande. La méthode de Ramsden introduisait dans l'art de la graduation un nouvel élément, la vis sans fin, qui y jouait un rôle important. Le duc de Chaulnes l'avait aussi admise, mais seulement comme moyen de conduire régulièrement le plateau pendant l'opération. — Nous avons cru devoir passer sous silence d'autres astronomes qui avaient antérieurement employé la vis sans fin, sans tenir compte de l'irrégularité du striage et sans essayer de la corriger.

Enfin, un nommé Troughton, qui jouit en Angleterre d'une très-bonne réputation, et sans doute à juste titre, est le dernier dont nous aurons à parler. On retrouve dans ses procédés tous les éléments de la méthode du duc de Chaulnes, mais avec des modifications assez curieuses pour espérer qu'elles seront favorablement accueillies. Sans entrer à fond dans tous les détails d'exécution de Bird, du duc de Chaulnes, de Ramsden et de Troughton, ce que nous en dirons sera suffisant pour caractériser leur manière d'opérer.

Méthode de Bird. — Rœmer avait abandonné les moyens géométriques, Bird y revint en ne conservant comme constructions définitives que les *bisections* (1). Ses prédécesseurs avaient naturellement pris pour point

(1) Pour concilier ce que nous avons dit, dans les premières pages de ces notes, sur les constructions graphiques et les résultats obtenus par Bird, nous observerons que les instruments qu'on

de départ l'arc de 60°, qui ne pouvait les conduire directement à des arcs de 1/3, 1/4, 1/2 de degré ; et en effet, 360 mis sous la forme $2^3 . 3^2 . 5$ exigeait impérieusement au moins l'introduction des diviseurs 3 et 5 que ne pouvaient donner toutes les bisections du monde. Bird eut, dit-on, le premier l'idée d'employer les cordes des arcs pour choisir convenablement un certain arc de départ, et voici, sans doute, comment il le déterminait :

Soit x le nombre de degrés de l'arc cherché; $\frac{1}{n}$ la fraction de degré à laquelle on veut parvenir, et m une puissance quelconque de 2. On avait évidemment pour solution :

$$x = \frac{1}{n} m$$

dans laquelle il suffirait de mettre pour m l'un des nombres de la progression 2 : 4 : 8... 128 : 256 : etc., choisi de telle manière que l'arc $\frac{m}{n}$ ne s'éloignât pas beaucoup de 60° ou de 90°. En faisant $n = 3$, pour obtenir des tiers de degré par exemple, et prenant $m = 256$, on aurait eu $x = 85° 20'$.

Pour construire cet arc, Bird pouvait prendre immédiatement sa corde ou ajouter à l'arc de 60° donné par le rayon un arc de 25° 20′ dont sa table lui donnait la valeur numérique de la corde, et probablement il faisait l'un et l'autre comme contrôle. Après certaines opérations de bisections, il pouvait comparer les cordes des arcs obtenus avec les cordes calculées, et vérifier à la fois ses résultats et son échelle, et continuer ses bisections jusqu'à la fin. Cette méthode ne dispensait pas, comme on le voit, de l'adresse manuelle et du coup d'œil. Si elle a été abandonnée, il en est du moins resté un moyen de construire des angles avec un degré de précision presque illimité, lorsqu'on est maître de choisir un rayon à volonté (1).

Méthode du duc de Chaulnes. — Le duc de Chaulnes n'a rien emprunté à ses prédécesseurs; on trouve dans sa méthode deux parties dis-

employait avaient de 2 à 3 mètres de rayon, et qu'on obtient aujourd'hui une précision plus grande avec des rayons trois et quatre fois plus petits. (G.)

(1) Les tables des cordes sont parfaitement connues des ingénieurs, qui les emploient exclusivement lorsqu'ils ont besoin d'une précision que le *rapporteur* ne peut donner à aucun titre. Le dessin des machines présente quelquefois une petite difficulté que nous résoudrons en passant : nous voulons parler de la construction des engrenages, lorsque le nombre de dents est un nombre *premier*, ou n'est décomposable qu'en nombres premiers, autres que 2 et 3.

Proposons-nous, par exemple, de diviser une circonférence en 37 parties. Tout nombre peut être regardé comme composé d'une puissance de 2 et d'un reste. Ainsi

$$37 = 32 + 5 \qquad 149 = 128 + 21 \qquad 29 = 32 - 3, \text{ etc.},$$

et puisque la roue a 37 dents, chaque dent (plein et vide) occupant un 37e de 360°, cinq dents doivent occuper $\frac{5 \times 360}{37}$ ou 48° 39′ environ. Si donc on retranche de la circonférence entière un arc de 48° 39′, dont la corde est donnée par la table pour un rayon égal à 1, l'arc restant, représentant 32 dents, deviendra très-facile à subdiviser, et, en prenant enfin un compas ouvert de 5 à 6 divisions, dont on promènera l'une des pointes sur l'arc non divisé, tandis que l'autre pointe stationnera sur les points déjà trouvés, on complétera sans peine les 37 divisions.

tinctes, l'une pour construire les grandes ou principales divisions de la circonférence, et l'autre pour intercaler les divisions inférieures; et ces deux parties se retrouvent aussi très-distinctement dans celle de Troughton, comme nous le verrons plus loin.

Le duc de Chaulnes connaissait le micromètre, dont il ne s'est pas servi; il employait deux microscopes ou lunettes, comme celles dont nous avons esquissé la construction; et quarante petits morceaux de cuivre laminé de 1 centimètre de long sur 2 à 3 millimètres de large. Leur face supérieure, polie ou frottée suivant sa longueur, était partagée en deux parties égales par une ligne très-fine, bien perpendiculaire au long côté. A leur face inférieure, ces petits morceaux de métal étaient enduits de cire, et on les rangeait autour d'un bord extérieur du plateau, sur lequel on avait conservé une petite saillie, afin qu'en les appuyant contre elle les petites lignes fussent bien dirigées vers le centre du cercle.

Ces lignes étaient destinées à représenter des divisions égales du plateau, et pour déterminer leur position, vérifier leurs distances, le duc de Chaulnes employait deux microscopes ou lunettes à fil, qu'il plaçait sur une ceinture circulaire, rapportée au tour du plateau. Cette manière de procéder est, jusqu'à présent, entièrement analogue à celle que nous avons décrite. Ici, il poussait avec le doigt les lignes métalliques et les microscopes, et là, nous tournions la vis des pointes ou la vis de traction des appareils de contact... etc. Mais, aussitôt qu'il avait obtenu les deux premiers points distants de 180°, il remplaçait l'un des microscopes par un tracelet, afin que, en faisant passer la première demi-circonférence divisée sous l'un des microscopes, on pût tracer immédiatement l'autre, qui, à son tour, servait à graduer celle qui avait porté les pièces mobiles de cuivre (1). Après cette opération, au lieu de continuer les bisections, il partageait sa demi-circonférence en trois; puis, chaque tiers encore en trois, et il revenait aux bisections. On voit qu'en définitive le dernier nombre obtenu était le produit de 9 par une puissance de 2. Admettons que sa circonférence se trouvait ainsi partagée en 144 parties ou en 288 (supposons 288), et que son intention fût d'obtenir une graduation en tiers de degré, ou en arcs de 20′.

Pour diviser les 288[es] en parties données du degré (ce qui forme la deuxième partie de sa méthode), le duc de Chaulnes plaçait au centre de son plateau une espèce d'alidade mobile, c'est-à-dire, pouvant tourner lorsqu'il était en repos, ou bien, se fixer à volonté au plateau, pour marcher avec lui. Sur cette alidade il plaçait un télescope ou bonne lunette à fil, et, à une certaine distance de la lunette, perpendiculairement à son axe, il faisait présenter le milieu d'une règle graduée, qu'il regardait comme la corde d'un 288[e] si le plateau était divisé en 288 parties égales.

(1) Nous ne concevons pas la nécessité de la position du tracelet à 180 degrés du fil de la première lunette; toute position étant bonne dès l'instant qu'il y avait deux marques ou lignes diamétralement opposées. (G.)

Un 288e de circonférence équivaut à un arc de 1° 15′ ou, en minutes, à 75′. Sous cette dernière forme, on voit qu'en donnant à la règle 75 parties de grandeur quelconque, il suffisait de la placer à une distance telle, que la lunette, étant dirigée sur une extrémité de la règle, en même temps que le fil du microscope se trouvait au commencement d'un 288e, il suffisait, disons nous, que cette lunette fût transportée vis-à-vis de la 75e division, lorsque le plateau, en tournant avec l'alidade, avait achevé de parcourir son 288e. En faisant donc stationner la lunette fixée au plateau sur chaque division de la règle, le tracelet aurait pu marquer 75 minutes sur le plateau ou un degré et un quart. Comme, par supposition, le duc de Chaulnes ne voulait marquer que des tiers de degré, il n'avait pas besoin de 75 lignes sur sa règle; il lui suffisait d'en avoir le 20e ou 3 et 3/4 de l'une, puisque 15 minutes sont les 3/4 de 20′. Il faisait de préférence une graduation, non sur le plateau, mais sur une lame de cuivre, que l'on pouvait placer à volonté dans une position convenable sous le fil de la lunette, et cette position devait varier pour chaque 288e à cause des 3/4 de parties qui étaient insuffisantes pour marquer une division de plus. (Nous observerons en passant que la règle devrait, pour la facilité des opérations, avoir cinq parties égales, dont les deux extrêmes seraient chacune partagée en quarts, et que toutes ces divisions devraient aussi être tracées sur le morceau de cuivre ou patron dont il a été question ci-dessus.)

Nous ajouterons quelques observations sur l'exécution du procédé : La première, c'est que l'étendue d'une minute de degré, par un rayon égal à l'unité, est seulement 0,0002909, quantité fort petite à construire, et qui ne serait pas tout à fait de 1/3 de millimètre pour un rayon de 10 mètres. A cette dernière distance, la longueur totale de la règle ne serait que de 0m. 218166, et, par conséquent, chacune des parties de 0,0581776.

La seconde est que, en considérant la règle comme une corde de l'arc, et prenant ses divisions pour des divisions semblables de l'arc, on commet une légère erreur, qui, à la vérité, n'en donne, pour un 288e de circonférence, qu'une d'environ 1″ sur les divisions moyennes de l'arc.

La troisième enfin, c'est que, pour plus d'exactitude et en même temps pour rendre très-visibles, à 10 mètres et bien au-delà, des divisions plus petites que le millimètre, il suffirait d'employer un double mètre, dont une moitié, garnie d'un curseur à nonius, fût graduée en millimètres, et dont l'autre moitié portât les tangentes de degrés complets par un rayon déterminé d'avance, et fût aussi munie d'un curseur. Les deux curseurs pourraient avoir des points blancs sur fond noir ou réciproquement, dont le centre correspondrait à la ligne de repère, ou bien encore, des croix de Saint-André, que le duc de Chaulnes préférait. Si l'on voulait, pour mesurer des angles plus grands, prolonger les règles plus loin, il vaudrait mieux remplacer les marques des curseurs par de petites sphères de diamètre suffisant. Ces moyens pourraient s'employer pour vérifier les divisions d'une plate-forme au moyen de son alidade à pointe, et faire reconnaître les erreurs de division et les erreurs provenant du forage des trous, ou même aider à diviser le plateau, si l'on n'a pas à sa disposition des instruments plus commodes.

Méthode de Ramsden. — Ramsden déterminait d'abord par le calcul la grandeur du pas de vis qui pourrait fournir 2160 stries ou 6 fois 360 sur le bord de son plateau. Pour s'assurer que la vis taraud remplirait bien ces conditions, il striait séparément un arc de 60° de même rayon, creusé d'une gorge de même profondeur que le plateau, et vérifiait le nombre de stries produites sur l'arc, en faisant passer les deux points limites de l'arc sous un index fixe, tandis qu'il comptait le nombre de tours et parties de manivelle. Mais, ainsi qu'on le devine bien, le nombre de filets trouvés n'était pas ordinairement 360. Supposons-le de 364 : il est évident, d'après cette hypothèse, que le taraud avait un *pas* trop fin. Pour en avoir un plus exact, Ramsden employait la vis taraud ou plutôt une vis exactement pareille, comme arbre principal d'une petite machine à fileter, sur laquelle il fallait monter des roues qui fussent en raison des nombres 364 et 360 ou, comme 91 : 90. La nouvelle vis, une fois terminée, se plaçait dans son rapport pour strier le plateau.

Pour éviter les inégalités du mode de striage dont nous avons parlé, Ramsden divisait d'avance son plateau en 120 parties, et il amenait sous un fil métallique très-fin, au-dessus duquel était une lentille, d'abord une des 120 divisions du plateau; tenant ce plateau un instant immobile, il poussait contre lui la monture de la vis taraud, et il en tournait la manivelle 6 à 7 tours seulement. Débrayant alors la vis, il amenait une autre division, etc., etc., et répétait la même opération 120 fois de suite. Il avait ainsi formé 120 séries de 6 à 7 filets, qu'il reprenait pour les approfondir, en tournant un peu plus à chaque fois, jusqu'à ce que toutes les petites séries n'en fissent plus qu'une. Il continuait alors son opération d'un mouvement continu, pour donner aux stries la même profondeur qu'avaient celles de l'arc strié précédemment comme essai.

On voit que Ramsden multipliait les périodes d'erreurs du striage, et qu'il diminuait en même temps leur étendue, car chaque neuvième filet avait ainsi sa place assignée et exacte, si la division en 120 avait été bien faite; dans le cas contraire, les inégalités devaient tendre à disparaître, pour ne laisser que des erreurs plus petites. Nous ferons remarquer que Ramsden ne connaissait pas la méthode du duc de Chaulnes, car il divisait au compas seulement, et son mode de lentille avec un fil était inférieur à la lunette.

Le Conservatoire possède une machine de Ramsden et une autre de Samuel Rhee, construite sur les mêmes principes; elles sont toutes deux placées dans l'une des galeries publiques de l'établissement. On peut encore consulter la description de la machine de Ramsden, traduit de l'anglais par M. de Lalande, qui contient en outre la description d'un compteur fort ingénieux, appliqué à la manœuvre de sa plate-forme et peu connu, si ce n'est par les personnes qui s'occupent spécialement de la graduation des instruments (1).

(1) Un ingénieur nommé Allan obtint en 1810 d'une société particulière une médaille d'or pour

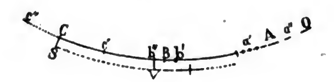
Méthode de Troughton. — Troughton marquait sur son limbe 256 points très-petits, représentant 256 divisions qu'il rendait aussi égales qu'il le pouvait. Pour que les points fussent placés à une même distance du centre, le pointeau ou la pointe conique qui devait les piquer était rivé à l'extrémité d'un ressort attaché à quelque distance du plateau. La simple pression du doigt, modifiée même par un buttoir inférieur, suffisait pour exécuter l'opération du piquage, après laquelle les points étaient numérotés.

Troughton employait deux lunettes comme le duc de Chaulnes; il s'en servait, comme lui, pour comparer les deux parties de chaque arc, c'est-à-dire, d'abord les deux demi-conférences, puis les quarts, les huitièmes, etc.; mais il ne pouvait pas corriger les erreurs, puisque les points étaient imprimés sur le plateau. Il se contentait donc de mesurer la différence des arcs comparés, et de l'écrire, dans une colonne, en regard du point dont il voulait connaître l'erreur. Pour estimer les différences, l'une des lunettes avait un *micromètre*, c'est-à-dire que son fil, attaché à une platine de cuivre, avait un mouvement de transport, lorsqu'on tournait un écrou d'un diamètre assez grand pour porter 100 divisions, dont 50 se comptaient à droite d'un point zéro, et 50 à gauche du même point. Ce zéro était placé entre un signe *plus* et un signe *moins*, afin qu'on pût aussi écrire, près des différences observées, le signe qui, le premier, se présentait à l'index.

Avec un tel instrument, on ne pouvait mesurer que des erreurs d'une petite étendue, ce qui supposait que les 256 divisions étaient presque égales. Pour les obtenir, Troughton prenait un disque 16 fois plus petit que le plateau, et le mettait en contact avec lui, ce qui formait un engrenage par frottement, et, au-dessus du point de contact, il plaçait une lunette à fil. Chaque fois donc qu'une des 16 divisions qu'on avait tracées d'avance sur le disque passait sous la lunette, on piquait un point sur le plateau, ce qui donnait, après un tour complet du plateau, 256 points. La difficulté de faire le disque 16 fois plus petit que le plateau, ni plus ni moins, s'éludait en lui donnant une forme un peu conique, et, comme ses axes étaient placés entre deux vis, on pouvait le monter ou le descendre autant qu'il le fallait ou à très-peu près, pour compter les seize révolutions.

un mode de striage, qui consistait à supposer deux cercles matériels pour former le limbe à strie Ces deux cercles étaient provisoirement percés de quatre trous tellement ajustés, qu'en tournant l'un des cercles sur l'autre, lorsqu'un trou quelconque du cercle supérieur correspondait à l'un de ceux du cercle inférieur, il y avait également correspondance des trois autres ou plutôt des six autres trous. Les cercles étaient réunis par des vis, et, après une passe de striage, on changeait ces cercles de position; on continuait ainsi jusqu'à la fin. Pour que la première opération fût possible, il fallait que le nombre de stries de la première passe fût divisible par 4. En admettant qu'il le fût, on devait amincir les stries pour les égaliser, et, pour leur rendre une nouvelle profondeur, on courait le risque d'en perdre quelques-unes, à moins qu'on n'eût employé une nouvelle vis, ce dont on ne parle pas. Nous pensons que cette méthode est inférieure à la précédente, car ses périodes d'erreurs sont 30 fois moins nombreuses.

Pour trouver l'erreur des points, relativement à un seul point de départ, nous aurons recours à la figure ci-dessous,



dans laquelle O, A, b', C, sont des points piqués. O est l'origine de la *notation*. A C est l'arc dont on cherche le milieu B ; b'' est l'une des deux positions que peut avoir le *milieu présumé* de l'arc A C, b' en est l'autre, et $b'' b'$ est la différence observée des arcs A b' et b' C (ou bien encore, de A b'' et b'' C, lorsque la première partie de A C est plus grande que la seconde). Dans l'exemple que nous avons pris, A b' est plus petit que b'C, par conséquent, δ ou b'B est la correction *additive* du point b'.

Dans cette figure, S V représente l'écartement des lunettes qui, comme on le sait, ont été d'abord ajustées sur A b', et l'on voit que le fil de la lunette V *devra marcher vers la droite*, pour atteindre le point b', qui est le seul visible sur le limbe. Or, le sens du mouvement de la lunette, le sens de la correction du point b' sont des choses dépendantes. C'est pour cette raison que, la correction δ devant être ici positive, on a dû donner le signe + à la différence $b''b'$ observée, et l'écrire à droite de la lunette V, ou sur l'écrou du micromètre, comme *memorandum*.

Le point b, corrigé au moyen de δ, serait non-seulement le milieu de A C, mais encore un *bon point* du limbe, si A et C n'étaient pas eux-mêmes des *faux points*, dont l'un est en erreur de A a' ou de A a'', son égal, que nous appellerons Δ, et C, l'autre point de C c'', de C c' ou de Δ'; du moins, nous le supposons pour la généralité des recherches. Nous nous occuperons seulement du point A, ce que nous dirons s'appliquant d'une manière analogue aux points C, c'', c', etc.

Si a' est la véritable position de A, sa *notation* doit diminuer de toute la valeur de A a' ou de Δ : ainsi, $-\Delta$ est sa correction. Mais, dans ce cas, B serait obligé de marcher vers a' d'une quantité égale à la moitié de A a'. Sa *notation* diminuerait donc aussi, et sa correction serait $-\Delta/2$, c'est-à-dire que son signe serait le même que celui de Δ, correction de A. Par conséquent, nous pouvons établir que, généralement, la correction définitive d'un point b quelconque $= \frac{\Delta + \Delta'}{2} + \delta$

équation dans laquelle le second membre est une *somme* algébrique, dans laquelle les quantités conservent leur signe propre.

Les applications de cette formule présentent trois cas particuliers, pour lesquels nous donnons plus loin un type de calcul. Et, pour la vérifier très-

facilement, nous proposerons de graduer un morceau de carton en 360° (ou d'employer seulement un *rapporteur* de corne), d'y indiquer par de petites lignes les huitièmes de circonférence, qui devront naturellement se trouver aux points

0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315, 360,

et ensuite de faire des faux points ronds aux degrés

0, 43, 92, 132, 174, 215, 270, 323, 360,

sur lesquels on s'exercera pour trouver les erreurs (1). La méthode devra évidemment donner pour résultats correctifs :

0 + 2 — 2 + 3 + 6 + 10 0 — 8 0

ces derniers nombres sont mis à part dans la colonne (4) du tableau suivant.

Pour se servir du carton, on enfoncera au centre une épingle qui lui servira d'axe fixe. Puis on piquera une autre épingle près du bord (en S, par exemple), pour représenter la lunette fixe, et un petit triangle de bois tiendra lieu de lunette mobile, on placera l'un de ses angles contre le point A de AC. On suivra avec attention ce dernier appareil, lors de la deuxième opération, afin de reconnaître dans quel sens il doit marcher pour se transporter au regard du point fautif, et, par suite, quel signe on devra donner au nombre de degrés qu'il aura dû passer. A chacune de ces opérations, on écrira, dans la colonne 2δ ou colonne (5) du tableau, les *corrections observées*, d'où l'on conclura les nombres δ de la colonne 6.

La colonne (1) est la ligne d'ordre ; les chiffres se rapportent aux chiffres pareils de la fig. 10, pl. 2.

La colonne (2) renferme les nombres de degrés de chaque huitième de circonférence.

La colonne (3) contient les faux points.

La colonne (4), les erreurs et corrections qui s'y appliquent, et que la formule doit reproduire.

La colonne (7), les corrections calculées, qui deviennent à leur tour les valeurs des Δ, Δ'. On doit avant tout écrire 00 en haut et en bas, comme erreurs *nulles* des points 0 et 360. Les chiffres 1, 2, 3, 4, à gauche, indiquent l'ordre dans lequel ces nombres ont été trouvés et placés.

Enfin, la colonne (8) donne les repères pour écrire les corrections en regard des nombres auxquels elles se rapportent.

(1) Le choix de ces faux points a été fait d'après la fig. 10, et ils se trouveront à peu près ainsi disposés sur le carton dont nous venons de parler.

(4) Correction des erreurs.	(1) Numéros d'ordre.	(2) Huitième de circonférence.	(3) Faux points.	(5) Différ. observ. ou 2 δ.	(6) Correct. observ. ou δ.		(7) Correction calculée. Δ.	(8) Huitième de circonférence.
+ 0	0°	00	00	—00	0	1	00	00
+ 2	1°	45	43	+ 6	+ 3	5		45
— 2	2°	90	92	—10	— 5	3	— 2	90
+ 3	3°	135	132	+ 2	+ 1	4	+ 3	135
+ 6	4°	180	174	+12	+ 6	2	+ 6	180
+10	5°	225	215	+14	+ 7			225
+ 0	6°	270	270	— 6	— 3	6		270
— 8	7°	315	323	—16	— 8			315
+ 0	8°	360	360	—00	— 0	1	00	360

Pour l'intercalation des degrés et subdivisions, le duc de Chaulnes se servait d'une ligne graduée. Troughton employait un arc de 1/16e de circonférence, d'un rayon quatre fois plus grand que celui du disque, et qu'il faisait porter par une espèce d'alidade placée à frottement sur l'axe du disque. Cette alidade était une pièce de cuivre, représentant un rayon à coulisse, à vis de rappel, pour approcher ou éloigner un peu l'arbre du centre du disque. La position de l'arc se vérifiait en faisant parcourir au plateau un véritable 256e, et en s'assurant que l'arc passait tout entier sous le fil d'une lunette pendant le même temps.

Quant au nombre de divisions à écrire sur l'arc, il faut observer que 1/256e de circonférence représente 1° 24′ 22″ 30‴, qui, réduit en minutes, donne 84′ 3/8. C'est donc ce nombre de parties que devrait avoir l'arc de 1/256e ou l'arc de 1/16e du disque qui le représente, pour donner des minutes, ou bien encore, seulement 16 parties 7/8e, pour donner des arcs de 5′. D'ailleurs, ce nombre se prête bien aux divisions usuelles de la circonférence en arcs de 10′, 15′, 20′, 30′.

Au lieu de prendre strictement 22° 30′ pour l'arc à subdiviser, il est plus commode d'en prendre un de 24° et de le partager en 18 parties, dont les deux extrêmes sont réduites en huitièmes, ce qui donnera la facilité de faire correspondre en même temps le fil d'une lunette au commencement d'un 256e du plateau, et de placer un 8e déterminé de l'arc sous le fil d'une

autre lunette, fixée au-dessus du grand arc, et s'assurer enfin que les parties entières de l'arc, ajoutées aux huitièmes par lesquels on a commencé l'observation et aux huitièmes par lesquels elle finit, forment bien un total de 16 parties 7/8es. Alors, avec un tracelet remplaçant le pointeau on peut marquer définitivement les degrés et les subdivisions de degré qu'on aura adoptés.

TYPE DU CALCUL DE LA FORMULE.

$$\textit{Correction définitive de } b = \frac{\Delta + \Delta'}{2} + \delta,$$

appliquée à la recherche des corrections des points 18°, 90° et 135°.

180° compris entre 0° et 360°.					
Corr. Δ	du point 0°	colonne (7)	00		
Corr. Δ'	du point 360°	colonne (7)	00		
somme et demi-somme.........			00	00	
Corr. δ observ. du point 180°		colonne (6)		+ 6	
Correct. définit. de 180° à porter à la colonne (7)........				+ 6	
90° compris entre 0° et 180°.					
Corr. Δ	du point 0°	colonne (7)	00		
Corr. Δ'	du point 180°	colonne (7)	+ 6		
Somme et demi-somme........			+ 6...	+ 3	
Corr. δ observ. du point 90°		colonne (6)		— 5	
Correct. définit. de 90° à porter à la colonne (7)........				— 2	
135° compris entre 90° et 180°.					
Corr. Δ	de 90°	colonne (7)	— 2		
Corr. Δ'	de 180°	colonne (7)	+ 6		
Somme et demi-somme.......			+ 4...	+ 2	
Corr. δ observ. de 135°		colonne (6)		+ 1	
Correct. définit. de 135° à porter à la colonne (7).......				+ 3	

MACHINE

A GRAVER LES CYLINDRES D'IMPRESSION

PAR

MM. HUGUENIN et DUCOMMUN

MÉCANICIENS A MULHOUSE

(PLANCHE 5)

On sait qu'autrefois l'impression des toiles se faisait au moyen de planches de bois gravées en relief, et qu'on couvrait de couleurs en les frappant légèrement sur un drap bien tendu dans un cadre en bois, et préalablement imprégné de couleur; on appliquait ensuite les planches ainsi préparées sur les toiles à imprimer que l'on étalait sur une table. On employait également des planches de cuivre gravées au poinçon ou au burin, dans le genre de celles qui servent à l'impression en taille-douce.

Au commencement de ce siècle, un habile manufacturier, M. Oberkampf, essaya, dans son bel établissement de Jouy, d'imprimer à l'aide de cylindres ou rouleaux en cuivre gravés. Les heureux résultats obtenus par cet industriel furent bientôt répandus en Angleterre, où ce mode de travail reçut de grands perfectionnements. Les rouleaux, d'abord gravés à la main, furent plus tard disposés de manière à pouvoir recevoir quelques gravures à l'aide d'une machine. Ainsi, on enfonçait dans le métal des poinçons en acier gravés en relief, au moyen d'une presse ou d'un mouton qu'on laissait tomber sur ceux-ci, en suivant une marche régulière.

Il y a à peine vingt-cinq ans qu'on a introduit en France le mode de graver les cylindres à la molette, tel qu'on le fait aujourd'hui. Ce mode, beaucoup plus précis et plus expéditif que ceux employés précédemment, fit une révolution complète dans la gravure des rouleaux, et dut nécessiter successivement des modifications dans la construction des appareils mis en usage.

Un bon constructeur de Mulhouse, M. Huguenin, qui s'est constamment occupé de cette branche si importante de l'industrie, en a suivi tous les progrès, et, en praticien éclairé, en observateur habile, il a su y apporter des améliorations utiles, qui ont fait rechercher ses machines, non-seule-

ment par toute l'Alsace; mais encore dans les autres contrées de la France, et à l'étranger.

La belle machine à graver les cylindres, envoyée à l'exposition de 1839 par la maison Huguenin et Ducommun, était vraiment remarquable, autant par son heureuse disposition que par l'extrême précision apportée dans l'exécution de toutes ses pièces; aussi fut-elle admirée de tous les industriels qui ont su l'apprécier. Ces messieurs en ont eu, depuis cette époque, un grand nombre à construire, et n'ont cessé de les améliorer. Ils sont arrivés aujourd'hui à une perfection telle que, pour reproduire, par exemple, un dessin à deux couleurs, on pourrait graver un cylindre sur un tour, et le second sur un autre, et être assuré, par avance, qu'ils se rapporteraient tout aussi bien que s'ils avaient été gravés tous deux sur la même machine.

Ces constructeurs ont bien voulu, avec un désintéressement que nous aimons à faire connaître, nous laisser dessiner l'une de leurs dernières machines, pour la publier avec détail dans ce Recueil. Mais, avant d'en donner la description, nous nous faisons un devoir de les citer pour les autres machines qu'ils construisent dans leurs ateliers, et qui ne sont pas moins remarquables sous le rapport du travail et de la bonne confection. Ainsi ils ne s'occupent pas seulement des machines à graver les cylindres, et des autres appareils accessoires relatifs à cette fabrication, mais encore de la confection même des cylindres, qu'ils fondent creux, soit en cuivre jaune, soit en cuivre rouge, et qu'ils forgent et étirent mécaniquement. Nous nous proposons aussi de donner ces appareils, qui présentent beaucoup d'intérêt. Ils s'occupent également des machines à imprimer à une et à plusieurs couleurs, et depuis quelques années ils ont additionné à leur établissement la construction de différentes machines-outils qui jouent aujourd'hui un si grand rôle dans les ateliers de mécanique; ainsi ils font des tours à chariot, des machines à raboter, à percer, etc., sur les meilleurs modèles, et y apportent cette précision toujours rigoureuse qu'on exige tant dans ce genre d'appareils. Enfin on pourra se faire une idée de l'importance de leur établissement, en ajoutant qu'ils se sont monté une fonderie de fer dans laquelle on peut couler des pièces de 5 à 6,000 kilogr.

M. Dubies, ancien élève de l'École centrale, est attaché comme ingénieur-associé à cet établissement. On lui doit un grand nombre de perfectionnements sérieux.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A GRAVER

(PLANCHE 5.)

Du BANC DE TOUR ET DES POUPÉES.— L'objet de cette machine n'est pas seulement de graver les cylindres, mais bien aussi de tourner leur surface extérieure, avant d'y poser la molette, de sorte qu'elle sert à la fois de tour à chariot et de tour à graver. On voit, en effet, par le dessin, que le banc, le support et les poupées ont beaucoup d'analogie avec ceux d'un

tour parallèle. Ainsi le banc est une espèce de table en fonte A, dressée sur toute sa longueur, mais vers les bords seulement qui ont été ménagés en saillie. (Voyez l'élévation fig. 1, le plan fig. 2, et la coupe transversale fig. 4.) Il est porté sur deux pieds ou deux colonnes B, de peu de hauteur et fondues creuses, avec un large patin qui leur donne de l'assise sur le sol de l'atelier. La partie supérieure de ces colonnes forme empatement pour se boulonner avec le banc.

Deux poupées en fonte C et D sont placées aux extrémités de celui-ci. L'une C, fixée en tête, porte trois branches, qui sont chacune munies de coussinets et de leurs chapeaux : les deux premières reçoivent l'arbre du tour; la troisième, à droite, reçoit l'un des bouts de l'arbre du cylindre à graver. Les coussinets de cette troisième branche peuvent être, au besoin, repoussés par des vis de pression latérales g', afin de permettre de régler exactement la position de l'axe du rouleau. La seconde poupée D, qui n'a que deux branches, porte l'autre bout de cet arbre. Sa base est à coulisse, comme le montre la coupe longitudinale fig. 3, pour permettre de l'avancer un peu vers la gauche ou vers la droite, suivant la plus ou moins grande longueur de l'axe du rouleau, longueur qui, du reste, est en général peu variable.

Mouvement du tour. — La disposition du mouvement appliqué à la tête du tour est très-simple, et permet de le faire marcher, soit à la main, soit par un moteur. Ainsi, sur le bout de l'arbre en fer E, qui est prolongé à gauche des deux branches de la poupée par lesquelles il est porté, on a ajusté une manivelle F, que l'on y retient par un écrou. Il est souvent essentiel, pour de certaines gravures qui demandent du soin et de l'attention, de faire mouvoir le cylindre avec cette manivelle, parce qu'on arrête aussitôt qu'on veut, et on modifie la vitesse autant qu'il est nécessaire. Quand le tour peut marcher par le moteur, comme, par exemple, lorsqu'on doit tourner la surface extérieure du rouleau, ou lorsqu'on doit y faire une gravure très-simple et en hélice, on se sert des engrenages de cuivre G et H, qui sont taillés avec soin. Le premier est fixé à demeure sur l'arbre de couche E; le second est assujéti à l'extrémité d'un axe très-court en fer, qui porte à l'autre bout la poulie motrice I. Cet axe est ajusté dans une longue douille en fonte J, bien alésée, pour lui servir de support et de coussinet. Cette douille porte une patte à coulisse qui est boulonnée contre la poupée. Comme elle peut s'écarter ou se rapprocher à volonté du centre de celle-ci, on voit qu'elle permet de remplacer au besoin le pignon H par un autre plus grand ou plus petit, et, par conséquent, de varier la vitesse de rotation du tour.

Du cylindre à graver. — Les cylindres ou rouleaux destinés à l'impression des toiles sont en cuivre jaune ou en cuivre rouge; ils doivent être fondus parfaitement purs et homogènes, sans aucune soufflure. C'est une partie très-délicate de la fabrication : aussi compte-t-on fort peu de maisons qui s'en occupent spécialement. MM. Huguenin et Ducommun s'y sont adonnés depuis plusieurs années, et à leur louange, nous croyons

devoir dire aujourd'hui que les cylindres qui sortent de leurs ateliers sont très-estimés. On sait que M. Thiébaut aîné, habile fondeur en cuivre, à Paris, s'occupe aussi depuis longtemps de cette belle fabrication, qui lui a valu, en 1839, la médaille d'or. Une nouvelle maison très-recommandable d'Alsace (MM. Humbert père et fils, ingénieurs-mécaniciens à Jungholz), est aussi montée pour confectionner les rouleaux avec les machines analogues et autres. Ces divers manufacturiers ont monté dans leurs établissements des appareils très-ingénieux, pour forger ou étirer leurs cylindres; nous espérons les faire connaître dans une prochaine livraison.

Ces cylindres, quelle que soit d'ailleurs leur nature, sont toujours traversés dans toute leur longueur par un axe en fer qui se prolonge à chaque bout, pour former les portées ou les tourillons sur lesquels ils doivent tourner. Tel est le rouleau N, représenté sur les différentes figures de la pl. 5; son axe M, que l'on y a chassé avec force, est terminé par des parties carrées, dont l'une porte le toc en fer L, et l'autre s'ajuste dans le manchon à vis qui fait corps avec l'arbre O. Lorsque le cylindre est gravé, ces parties carrées servent également sur la machine à imprimer, à porter les manchons qui doivent les lier, soit d'un bout, soit de l'autre, avec les arbres de transmission de mouvement.

Mouvement de rotation du cylindre. — Le toc L porte un bec avancé, que l'on engage dans l'un des creux taillés à la circonférence du disque en fonte K, qui est monté à l'extrémité de l'arbre du tour, afin de rendre l'axe du rouleau solidaire avec ce dernier, et l'obliger à l'entraîner dans son mouvement de rotation, que ce mouvement vienne d'ailleurs de la manivelle F ou de la poulie I.

L'axe M est porté, d'une part, par le troisième coussinet, à droite de la poupée fixe C, et de l'autre par le premier coussinet, à gauche de la poupée mobile D (comme le montrent les fig. 1, 2 et 3). Ainsi le cylindre est toujours mobile dans ces deux coussinets, soit qu'on tourne, soit qu'on grave sa surface extérieure.

Il est à remarquer que, dans le bout de l'arbre E, on a ajusté un goujon aciéré *g* (fig. 23) et un ressort à boudin, qui tend à le pousser contre le bout de l'axe M, afin d'obliger l'embase de celui-ci à s'appuyer contre le coussinet (fig. 3).

Balancement du cylindre. — Il est quelquefois nécessaire, pour de certaines gravures, de donner une espèce de *balancement* au cylindre, c'est-à-dire un mouvement oscillatoire sur lui-même. Cette opération se fait à la main par l'ouvrier graveur, à l'aide d'un grand levier R, terminé par un long manche en bois, et qui de l'autre bout forme un œil cylindrique, qui entoure l'arbre E, tout proche du disque K. Sur ce levier est adaptée une pièce à coulisse *e*, que l'on y retient par deux vis, et dont le bout présente une saillie semblable à celle du toc L, afin de s'engager comme celui-ci dans le creux du disque K. Ainsi, en levant et en baissant alternativement ce grand levier, lorsque la pièce à coulisse *e* se trouve

embrayée avec la circonférence du disque, il entraîne ce dernier, et avec lui le cylindre à graver.

DIVISION DU CYLINDRE. — L'arbre O, qui est à l'autre extrémité de l'axe du cylindre, a pour objet de le lier avec la roue à rochet P, au moyen de laquelle on peut déterminer des divisions sur toute la surface du cylindre. Le moyeu et les bras de cette roue sont en fonte; sur sa couronne est rapporté un limbe circulaire en cuivre, que l'on y retient par des vis à tête fraisée, et qui est à dents triangulaires, comme une roue à rochet ordinaire. Ce limbe porte 180 dents, mais il peut être remplacé par d'autres de rechange, qui renferment des diviseurs plus ou moins nombreux, de manière à pouvoir effectuer toutes les divisions que l'on peut avoir généralement à marquer sur le rouleau. Un levier en fer *a*, mobile autour de l'axe de la roue et pouvant tourner sans lui, porte un rochet *b*, qu'un ressort tient constamment appuyé contre la denture du limbe (voy. fig. 5), de sorte qu'en faisant mouvoir ce levier dans un sens, on entraîne avec lui la roue P et l'arbre sur lequel elle est montée, et, au contraire, en le faisant marcher dans la direction opposée, la roue et l'arbre restent invariables. Mais, afin de connaître, à chaque fois, la quantité dont on fait tourner la roue, et surtout afin de la faire tourner de quantités egales, il importe de limiter bien exactement la course du levier *a*. A cet effet, un cercle à coulisse en fer Q, fixé sur les bords de la poupée D, porte deux tocs *c* et *d*, sur lesquels on fait alternativement butter le levier. Ces buttoirs sont tous deux fixés au cercle par un écrou, mais ils peuvent être rapprochés plus ou moins l'un de l'autre suivant la division que l'on veut avoir sur le rouleau. Ainsi, si le dessin à graver exigeait une division en 20 parties, par exemple, il faudrait évidemment écarter les deux tocs, de manière que la marche du cliquet *b*, fût comprise dans un neuvième de la circonférence de la roue P, puisque 20 est le 1/9 de 180. Mais, afin de pouvoir déterminer cet écartement aussi exactement que possible, on a taraudé dans le buttoir *c*, une petite vis de rappel, sur le bout de laquelle on fait tourner le levier.

DU CHARIOT ET DE SON MOUVEMENT. — Le chariot est aussi disposé pour servir au tournage et à la gravure des rouleaux. Ainsi, d'un côté, il peut recevoir un porte-outil auquel il transmet un mouvement de translation très-lent, pour tourner la surface du cylindre, et de l'autre, il reçoit un porte-molettes, auquel il transmet aussi un mouvement rectiligne, lorsqu'il s'agit de graver ou de moletter.

Ce chariot se compose d'une forte chaise en fonte S, qui représente la forme indiquée dans le plan (fig. 2), et dans la coupe transversale (fig. 4). Elle est dressée sur plusieurs points; ainsi, d'une part, sur les faces intérieures qui doivent être en contact avec les parties planes du banc, et de l'autre sur des saillies très-peu élevées, ménagées au-dessus, soit pour recevoir le porte-burin, soit pour porter le support des molettes. Un chapeau ou couvercle inférieur S′ est adapté au-dessous du chariot par quatre boulons qui ne le serrent pas sur le banc; mais pour qu'il ne puisse prendre du

jeu, soit dans une direction latérale, soit dans une direction verticale, le constructeur a ajusté, d'un côté, une règle en fer bien dressée *h*, contre laquelle on fait appuyer deux vis de pression, qui peuvent se serrer à volonté; de même, deux autres règles *i*, sont placées au-dessous du banc, et en partie incrustées dans le chapeau, et sont aussi pressées par des vis qui ne les serrent pas assez pour empêcher le support de glisser sur le banc, tout en ne lui laissant aucun jeu. Ces vis et le boulon peuvent aussi, au besoin, servir à arrêter le chariot d'une manière solide et invariable, lorsqu'il faut graver, par exemple, des dessins qui exigent une grande précision et pour lesquels le chariot ne doit pas marcher pendant le molettage.

Le chapeau S′ est disposé pour recevoir dans son intérieur un large écrou *m*, d'une pièce, et qui ne fait corps avec lui que par deux vis, taraudées sur l'une de ses bases, afin qu'il ne soit jamais forcé par la vis de rappel U, qui le traverse.

Cette vis de rappel est destinée à conduire le chariot, et avec lui, tout le système porte-burin ou porte-molettes alternativement. Elle est placée dans l'axe du tour, au-dessous du banc, et règne sur toute la longueur de celui-ci. Elle est portée par quatre lunettes *n* et *n′*, dont deux boulonnées tout à fait aux deux extrémités de la table, soutiennent son axe près des engrenages, et les deux autres, placées à l'intérieur, la supportent tous contre les filets extrêmes. L'une d'elles, celle de gauche *n*, que l'on voit en détail (fig. 21), porte deux petites vis latérales, qui buttent contre une embase rapportée sur la vis de rappel, afin que cette vis ne puissse s'avancer vers la gauche.

Elle peut être commandée soit par le tour même, au moyen d'engrenages, comme lorsqu'on s'occupe de tournage, soit par une manivelle, lorsqu'on s'occupe de la gravure d'un dessin qui exige des divisions particulières. Ainsi, à l'une de ses extrémités, vers la tête du tour, elle porte une roue droite *r*, à denture très-fine, et qui reçoit son mouvement d'un petit pignon *s*. Celui-ci a 40 dents, la première en a 192 (ce nombre de dents n'a pu être indiqué exactement sur le dessin fig. 6, parce que la denture n'aurait pas été suffisamment apparente), ainsi, le rapport entre ces deux engrenages est comme 40 : 192. Une roue droite *t*, rendue solidaire avec le pignon *s*, est montée, libre comme lui, sur le même goujon en fer, retenu par un écrou dans le support à coulisse X. Cette roue engrène avec un autre pignon *u*, placé sur l'arbre du tour; elle porte 114 dents et le pignon 29 : leur rapport est donc 29 : 114.

D'après ces données, il est aisé de voir quelle est, pour une révolution de l'arbre E et, par conséquent, du cylindre, la marche rectiligne du chariot porte-outils :

$$\text{On a d'abord } 114 : 29 :: 1 : x$$
$$\text{d'où } x = 0{,}2543$$
$$\text{puis } 192 : 40 :: 0{,}2543 : y$$
$$\text{d'où } y = 0{,}053,$$

c'est-à-dire que la vis de rappel fait 53/1000 de révolution par chaque révolution de l'arbre E.

Or, cette vis est à simple filet, et son pas de 0m008; la marche de l'écrou est donc de

$$0,053 \times 0,008 = 0^{m}000424.$$

Ainsi, le chariot avance d'un peu plus de 4/10 de millimètre par chaque révolution de l'arbre du tour.

Mais le constructeur a bien prévu qu'il pouvait être souvent nécessaire de varier cette marche du chariot, soit pour tourner, soit pour moletter, en ayant le soin de disposer le support X à coulisse, de manière à permettre de changer à volonté les trois engrenages *r*, *s*, *t*; il peut, avec un certain nombre de roues ou de pignons de rechange, modifier cette vitesse à l'infini, soit en les combinant entre eux, soit en les remplaçant successivement par d'autres plus grands ou plus petits. Par conséquent, il peut toujours arriver à établir un rapport déterminé, entre la vitesse, à la circonférence du cylindre à graver, et la marche rectiligne du porte-burin ou du porte-molettes. Ces rapports pourraient être calculés à l'avance pour tous les diamètres de roues variant d'une dent seulement, depuis la plus petite jusqu'à la plus grande, et ils pourraient être indiqués sur un tableau placé près du tour, afin que l'ouvrier chargé de conduire la machine pût, à première vue, sans tâtonnement, choisir les diamètres d'engrenages qui conviennent, pour avoir la vitesse qu'il désire.

Lorsque la vis de rappel ne doit pas marcher par le tour même, mais plutôt à la main, parce que le genre de dessin à graver sur le rouleau exige de faire des divisions sur les cercles et non sur des hélices, on doit nécessairement débrayer les engrenages précédents, soit en enlevant la roue *r*, soit en dérangeant le support X.

Une manivelle *q* est alors rapportée à l'autre extrémité de l'axe de la vis pour être à la disposition de l'ouvrier. Près de cette manivelle et sur le même axe, est fixée une roue en cuivre V, dentelée sur toute sa circonférence, non comme un engrenage, mais comme une roue à *dents de loup*, dont la forme triangulaire est également inclinée dans les deux sens; ce qui présente l'avantage de pouvoir faire marcher les deux côtés indifféremment. Cette roue porte 300 dents; sur son moyeu élargi sont ajustées à frottement deux aiguilles *o* et *o'*, qui peuvent tourner avec la roue ou tourner sur elle, et qui, en outre, peuvent être plus ou moins écartées ou rapprochées l'une de l'autre. On peut les rendre solidaires en les reliant par une vis de pression qui traverse la coulisse circulaire de l'une et qui se taraude dans l'épaisseur de l'autre. Une bague en fer *p*, aussi ajustée sur la douille de la même roue V, tient d'ailleurs ces aiguilles constamment appuyées contre la circonférence de celle-ci. Un cliquet *p'*, monté à charnière sur un goujon fixé au bout du banc de tour, doit servir d'indicateur.

Ainsi, supposons que le dessin à graver sur le rouleau doit être répété à des distances égales de 82 millimètres; il faudrait alors faire faire à la vis un certain nombre de tours, plus une fraction du tour. Par exemple, puisque le pas de cette vis est de 8 millimètres, il est évident que, pour chacune de ces révolutions, le chariot porte-molettes marche de cette quantité; il faut donc faire 10 tours plus 2/8 ou $10^t,25$ pour le faire avancer de 82 millimètres. Dans ce cas, pour opérer, on commence par desserrer la vis qui relie les deux aiguilles *o* et *o'*, puis on les écarte jusqu'à ce qu'il y ait entre elles une différence de 75 dents, qui est le 1/4 ou les 0,25 de 300 (comme celles-ci sont marquées de 10 en 10, il est facile de les compter); lorsqu'elles sont ainsi à la distance voulue, on resserre la vis pour qu'elles fassent corps, puis on place l'une, celle *o'* par exemple (si on doit faire tourner la roue dans le sens indiqué par la flèche, fig. 5), sur la dent correspondante au bout du cliquet *p'*. On fait alors tourner la manivelle *q*, la roue et les aiguilles tournent en même temps; on compte le nombre de révolutions jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la dixième, l'aiguille *o'* étant elle-même ramenée à son point de départ; mais on se rappelle qu'il faut compléter $10^t,25$: on doit alors avoir le soin de continuer le mouvement de rotation de la manivelle, jusqu'à ce que la deuxième aiguille *o* soit arrivée à la place marquée par le bout du cliquet; il est évident qu'on aura ainsi tourné d'un quart de révolution en plus des dix premières, et que le chariot aura marché de 82 millimètres.

Pour opérer un nouveau changement de place du chariot, il faut reculer les aiguilles sans tourner la roue ni la vis; ce qui est facile, puisqu'elles ne sont ajustées qu'à frottement; on les ramène donc dans leur première position, de manière que l'aiguille *o'* vienne en regard de l'index *p'*; l'autre est alors en arrière (à gauche) de toute la distance réglée primitivement.

Du porte-outil pour tourner la surface du cylindre. — Comme nous l'avons dit, cette machine peut exactement faire l'office du tour parallèle ou du tour à chariot, pour dresser la surface même des cylindres qu'on peut y graver. Il suffit de placer sur le support à chariot S, dont la base supérieure est dressée à cet effet, une chaise en cuivre T, dans laquelle est fixé le burin qui doit travailler. Cette chaise est vue en coupe verticale au 1/10 d'exécution, sur la fig. 8; le burin y est représenté ajusté dans un prisme triangulaire en fer *j*, et retenu par une vis de pression. La place du prisme se règle à volonté par une vis de rappel *l*, qui le pousse en avant, et qui est taraudée dans une bride en fer adaptée à la chaise; une autre vis les fixe en dessus, quand sa position est réglée, et un ressort *k* tend à le chasser en arrière quand on desserre la vis *l*.

La marche rectiligne de ce porte-outil est nécessairement celle du chariot; par conséquent elle dépend des engrenages placés en tête du tour et que nous avons remarqués précédemment. Il est évident que, lorsqu'on grave, ce porte-outil doit être enlevé et mis de côté; on ne l'a représenté

sur les figures d'ensemble du dessin que pour mieux en indiquer la place, mais il ne devrait pas s'y trouver en même temps que le porte-molettes. De même lorsqu'on tourne la surface du cylindre, le porte-molettes est retiré. On ôte aussi la roue de division P, et à l'aide des vis qui assemblent le manchon de l'arbre O avec le bout de l'axe M, on s'arrange pour qu'ils tournent ensemble exactement cylindriques.

De la molette et du porte-molettes. — Si, dans une machine à graver les rouleaux, toutes les pièces doivent être faites avec précision, il faut aussi que plusieurs d'entre elles soient disposées de manière à permettre d'obtenir tous les genres de dessin, il faut surtout que la molette puisse varier de dimension et de position au-dessous du cylindre sur lequel elle doit travailler. Aussi le porte-molettes est-il une des parties les plus importantes du tour, et l'on va voir que, comme il a été compris et exécuté par M. Huguenin, il remplit toutes les conditions voulues.

Tout le système porte-molettes est monté sur un pilastre carré en fonte Y, dont la base dressée est boulonnée sur le support à chariot S; une espèce de manchon Y', dont l'intérieur est aussi carré, est emboîté sur ce pilastre et doit faire corps avec lui. A cet effet une crémaillère en cuivre v, à dents angulaires, est placée contre l'un des angles abattus du pilastre, qui présente une facette dentelée de même (voy. la coupe verticale, fig. 14); trois vis de pression, taraudées dans l'épaisseur du manchon, viennent butter contre la crémaillère, et la maintiennent engrenée avec la denture du pilastre; de cette sorte, les deux pièces sont rendues solidaires. Cette disposition a l'avantage de permettre d'élever le manchon à la hauteur demandée par le diamètre de la molette.

Sur la base supérieure du manchon, sont placés deux coussinets qui reçoivent les tourillons d'une pièce particulière x, que l'on voit en détail, fig. 16, 17 et 18; cette pièce s'appuie sur un ressort y fixé au milieu de la base du manchon (fig. 12 et 13), et dont on règle la tension à l'aide d'une vis verticale y', taraudée dans une traverse en fer qui est supportée par deux petites colonnettes y^2. Ainsi la pièce x peut, en oscillant sur ses tourillons, être plus ou moins soulevée par le ressort, et par conséquent recevoir une inclinaison variable, quoique d'ailleurs toujours très-faible. Et comme elle porte tout le système de la molette, il en résulte que l'on peut déjà faire pencher celle-ci d'un côté ou de l'autre, suivant qu'il est nécessaire.

La pièce x porte aussi deux coussinets qui sont placés à angle droit par rapport à ceux qui reçoivent ses propres tourillons. Ces coussinets sont destinés à recevoir les tourillons de l'équerre en cuivre z, sur laquelle se boulonne le levier à bascule Z, fig. 4. A l'extrémité de ce levier est adapté le disque en cuivre c', dans le milieu duquel sont ajustées à coulisse les deux branches d', plus ou moins rapprochées suivant la longueur de la molette, (fig. 9, 10 et 11); ce disque est denté sur la circonférence pour engrener avec une petite vis sans fin b', à l'aide de laquelle on peut le faire tourner,

et avec lui la molette, ce qui permet de *dégauchir* celle-ci, c'est-à-dire de la placer exactement dans la ligne qu'elle doit occuper par rapport à la surface du cylindre à graver. Un coulisseau e' retient les branches d' de manière qu'elles ne puissent prendre du jeu dans le disque, lorsque leur position respective est réglée. La petite vis sans fin b' est portée par une pièce en cuivre a' (fig. 19) qui est aussi boulonnée au-dessous du levier Z, et poussée par des vis de rappel z', taraudées dans l'épaisseur de l'équerre z (fig. 18).

Dans la partie inférieure des deux branches d', sont ajustés des demi-coussinets en acier qui reçoivent les tourillons de la molette h' (voy. les détails fig. 9 et 10); ces coussinets n'y sont retenus que par de petites équerres g^2, et peuvent au besoin être facilement rechangés; des ressorts ou tiges métalliques f', retiennent légèrement ces tourillons par-dessous, sans les forcer, pour que la molette ne tombe pas lorsqu'on la soulève; de sorte qu'il est extrêmement facile de changer cette dernière.

Par la disposition que l'on vient de voir, on peut aisément concevoir maintenant combien cette partie importante de la machine (tout le système porte-molettes) est susceptible d'obéir à toutes les volontés de l'ouvrier qui la fait manœuvrer, et cela sans même qu'il lui soit nécessaire de l'arrêter: il peut faire mouvoir la molette dans tous les sens pendant le travail; il l'incline soit à droite, soit à gauche; il la soulève ou il la baisse, comme il lui convient; il l'avance enfin d'un côté ou de l'autre, comme il le juge nécessaire pour le genre de gravure qu'il a à produire.

La partie courbée à droite du levier Z (fig. 4) s'assemble par articulation à la tige verticale Z', qui peut être rallongée ou raccourcie à volonté, parce qu'elle est taraudée dans une douille assemblée elle-même à l'extrémité du grand levier Z^2. Ce grand levier est adapté à un support j', coudé en équerre, et boulonné contre le banc; il porte, vers l'autre extrémité, un contre-poids que l'on peut augmenter ou diminuer au besoin, parce qu'il est composé de plusieurs disques de fonte, superposés les uns sur les autres et placés sur un plateau k', qui peut glisser sur le levier et se fixer dans la position convenable par une vis de pression.

Il est de première nécessité de pouvoir varier le contre-poids, et par conséquent la pression que doit exercer la molette sur le cylindre, parce qu'il y a des gravures plus ou moins chargées, plus ou moins profondes, qu'il faut reproduire, et parce qu'aussi il y a des rouleaux qui sont plus ou moins durs, et par conséquent plus ou moins difficiles à recevoir la gravure. Du reste, le contre-poids à placer sur le plateau k' est toujours très-faible comparativement à la grande pression qu'il transmet à la molette; car il est facile de voir que cette pression peut être huit à dix fois plus considérable que celle qui agirait à l'extrémité du levier Z^2. On remarque sur la fig. 4 une tige l' adaptée à ce levier, et qui se termine par un crochet à plusieurs dents, que l'on agrafe à une pièce fixe m' toutes les fois que la molette ne doit plus presser sur le rouleau, et qu'il faut par conséquent mettre le

levier au repos. Ce crochet est quelquefois remplacé par une vis de rappel que l'on dispose pour produire le même effet.

DES DIFFÉRENTES MANIÈRES DE GRAVER

LES ROULEAUX A LA MOLETTE.

On sait que les molettes, comme celle h', représentée sur la pl. 5, doivent être gravées en relief pour imprimer leur dessin en creux sur le rouleau. Cette gravure en relief est faite sur une machine préparatoire qu'on nomme machine à relever les molettes, et que nous nous proposons de faire connaître dans une autre livraison avec une machine dite à diviser les molettes. Ainsi le graveur trace d'abord à la main et en creux sur une première molette le dessin qu'il veut reproduire, puis il reporte cette gravure sur une seconde molette à l'aide de la machine à relever; c'est cette seconde molette qui doit graver le cylindre. Toutes ces molettes sont d'ailleurs en acier fondu bien épuré.

On distingue plusieurs modes de graver les rouleaux à la molette. Ainsi 1° des objets détachés, comme de petites fleurs éparses qui se répètent, se gravent au *poinçon-molette*, c'est-à-dire qu'on enfonce sur le cylindre chaque objet séparément. Par exemple, si un bouquet doit être répété six fois sur la circonférence d'un même cercle du rouleau, on se sert de la roue à rochet P, on dispose les buttoirs *c* et *d* à une distance telle que le levier *a* ne puisse parcourir qu'un arc de cercle correspondant au sixième de la circonférence de cette roue. On serre les vis du support à chariot pour qu'il ne glisse pas sur son banc; il doit rester immobile jusqu'à ce que les six fleurs soient gravées sur toute la circonférence; on détermine aussi la pression de la molette sur le cylindre, en décrochant la tige l' qui tient le levier à contre-poids suspendu pendant les instants de repos. On manœuvre alors le grand levier à manche R en le faisant monter et descendre alternativement, afin de donner un mouvement oscillatoire au cylindre, au lieu de le faire mouvoir par la manivelle F ou par la poulie I. On sait que ce levier R porte un cliquet mobile *e* que l'on a eu le soin d'accrocher dans l'une des dents du plateau K. La limite de l'oscillation du rouleau est nécessairement déterminée par la plus grande longueur de la fleur; elle est toujours suffisamment indiquée au graveur par des marques faites à l'avance sur le bord du cercle à coulisse Q. Aussitôt que le bouquet est terminé, on relève le levier Z^2 en accrochant la tige l', puis on fait tourner le cylindre d'un sixième à l'aide du levier à cliquet *a*, et on recommence l'opération comme précédemment.

Il est évident que, dans ce mode de gravure, la molette n'a pas besoin d'être gravée sur toute sa circonférence; on n'y grave que la fleur qui doit être répétée plusieurs fois sur le rouleau.

2° Lorsque les dessins doivent être tellement liés ensemble qu'ils ne lais-

sent pas d'intervalle entre les fleurs, la molette doit alors être gravée sur toute la circonférence. Dans ce cas, il faut que le cylindre et la molette soient exactement en rapport, comme dans des engrenages bien construits, c'est-à-dire que les diamètres extérieurs doivent être entre eux comme un est au nombre de fleurs à produire sur la circonférence du rouleau. Ils travaillent en effet de la même manière que deux roues droites qui s'engrènent rigoureusement; si donc on veut avoir trois fleurs semblables et qui se touchent sur la circonférence du rouleau, son diamètre doit être exactement égal à trois fois celui de la molette. Pour opérer, on fait tourner le cylindre sans arrêter, soit par la manivelle, soit par le moteur, et à chaque révolution il faut que la molette, qui, constamment entraînée dans le mouvement, tourne aussi sur elle-même, se retrouve toujours dans les mêmes parties de la gravure. On conçoit qu'il importe que le graveur ait ce qu'on appelle des *tours de main* pour aider la molette dans ce travail, afin d'arriver avec cette précision mathématique qu'il faut obtenir; ainsi, en donnant plus ou moins de pression, il met la molette à même d'avancer ou de retarder.

Cette seconde manière de graver les rouleaux est appelée *molette roulante*. Le support à chariot doit, comme dans le mode précédent, rester immobile pendant le travail de la molette; seulement chaque fois qu'un bouquet est gravé sur une circonférence du rouleau, on fait avancer tout le système à l'aide de la vis de rappel et de la roue de division placée à son extrémité.

3° Les dessins doivent être aussi, dans certains cas, disposés en hélice sur la surface du cylindre, en se répétant symétriquement dans toute sa longueur.

Le mode d'opérer est alors comme dans le cas précédent, à l'exception toutefois que le chariot ne doit pas rester en repos; il faut, au contraire, qu'il marche pour que le porte-molettes avance dans la direction rectiligne d'une quantité proportionnelle à la vitesse de rotation du rouleau, c'est-à-dire égale à la distance que l'on veut donner à deux dessins consécutifs répétés sur la même ligne du cylindre. On a vu que, par la disposition des engrenages adaptés en tête du tour, on peut aisément régler cette distance.

Comme cette dernière manière de graver nécessite souvent beaucoup de pression, et que dans ce cas le rouleau doit tourner lentement, on se sert de l'engrenage placé sur l'arbre du tour, et on commande le mouvement, soit par la poulie I, soit par une manivelle qui la remplace.

Observation. — Il ne faut pas se le dissimuler, ces machines à graver les cylindres, malgré toute la précision apportée dans leur construction, malgré toutes les heureuses combinaisons qu'elles renferment, exigent nécessairement des ouvriers habiles et intelligents pour bien les conduire; il est vrai de dire aussi que ce n'est plus une difficulté aujourd'hui de rencontrer de ces bons ouvriers. MM. Huguenin et Ducommun, qui, outre

leurs établissements de construction, possèdent encore un bel atelier de gravure de rouleaux, dans lequel ils occupent une dizaine de machines à graver et les autres machines accessoires, n'ont pas seulement le mérite de la bonne confection de ces machines, mais aussi celui de savoir bien les conduire.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 5.

Fig. 1. Élévation latérale du tour à graver.

Fig. 2. Plan général, vu en dessus dudit.

Fig. 3. Coupe verticale faite par l'axe de la machine.

Fig. 4. Section transversale, faite au milieu, et du côté de la tête du tour. Sur ces figures, on a représenté un rouleau en cuivre, monté sur son axe en fer, et disposé, avec la molette au-dessus, pour être gravé.

On a aussi représenté sur les fig. 1, 2 et 4, le support de l'outil qui sert à tourner la surface cylindrique extérieure du rouleau, avant de le soumettre à l'action de la gravure. Ce support ne devrait évidemment pas être figuré sur le tour, en même temps que le porte-molettes.

Fig. 5. Vue par le bout de la machine du côté des roues à rochet ou roues de division.

Fig. 6. Autre vue par le bout, du côté des engrenages qui transmettent le mouvement à l'arbre du tour et à la vis de rappel.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/15e.



NOTICE INDUSTRIELLE

RECHERCHES DES BASES DE L'ÉTABLISSEMENT DES SCIERIES,

PAR M. BOILEAU (Extrait par l'auteur).

« De toutes les machines opératrices, les plus répandues sont des scieries à débiter les bois. Le travail que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie est la première partie d'une série de recherches entreprises pour déterminer les bases de leur établissement. Cette question a déjà occupé, de diverses manières, plusieurs auteurs. Euler, dans un Mémoire (1) cité par M. Navier, l'a considérée sous un point de vue géométrique. Laissant de côté toute considération physique et supposant connue la résistance de la matière à l'action de l'outil, il applique l'analyse au mouvement progressif

(1) Académie de Berlin, année 1756.

de celui-ci dans le bois : de ses calculs, il résulte principalement que la longueur de la partie dentée d'une lame de scie ne doit pas être plus petite que la course de cette lame, augmentée de l'épaisseur de la pièce débitée, et qu'il n'y a aucun avantage à faire acquérir de la vitesse de l'outil avant qu'il commence à agir.

« Bélidor (1) conclut d'observations faites sur le travail journalier des scieurs de long, que le bois sec est plus difficile à scier que le vert, dans le rapport de 2 à 1 pour les cas ordinaires et de 4 à 3 dans le cas du chêne sec déjà vieux. Il paraît aussi résulter de ces observations que, tout étant égal d'ailleurs, la dépense de force qu'exige le sciage du bois blanc est à celle qu'exige le chêne, dans le rapport de 1 à 1,6 environ.

« M. Navier, dans ses Notes sur l'Architecture hydraulique de Bélidor, fait ressortir la nécessité, pour l'établissement des scieries, de connaître les quantités d'action que le sciage du bois consomme, en même temps qu'il signale l'incertitude des données existantes à ce sujet. Il énonce d'ailleurs l'opinion que la résistance du bois varie avec la vitesse de l'outil.

« M. Poncelet a fait, dans le but de déterminer ces quantités d'action ou de travail mécanique, un grand nombre d'observations relatives au sciage de différentes espèces de bois, soit par les moteurs animés, soit par les machines. De plus, afin d'obtenir une certitude suffisante dans les résultats, M. Poncelet a exécuté, en 1829, à l'aide du dynamomètre, quelques expériences directes, d'où ressort la grande influence de la qualité de l'outil : ainsi, avec une scie à main ayant une voie constante de $1^{mm}5$, les dents taillées en biseau pénètrent à chaque coup de $8^{mm}4$. La quantité de travail mécanique nécessaire pour débiter un mètre carré de chêne sec et très-dur était de 30,968 kilogrammètres ; avec une grande lame de scierie verticale, taillée irrégulièrement, la même quantité de travail était plus que double, quoique le bois fût moins dur ; et avec la scie à crochets des sieurs de long ayant une voie d'environ 4 millimètres et pénétrant à chaque coup de $0^{mm}8$, la quantité de travail relative à l'unité de surface était de 32,071 kilogrammètres, pour du chêne sec de dureté moyenne. Partant des résultats de ses observations, M. Poncelet admettait, dans ses leçons à l'École de Metz, que la quantité de travail mécanique du sciage était proportionnelle à la hauteur du trait et à son épaisseur, et que pour une scie déterminée, la résistance du bois croissait proportionnellement à la pression.

« Enfin nous apprenons que M. Morin a fait, pendant l'été dernier, un grand nombre d'expériences, dont il faut espérer la prochaine publication (2), sur le travail des diverses machines employées dans les ateliers des Messageries royales, et principalement sur plusieurs scieries, tant droites que circulaires. L'attention donnée à cette question par tant d'hommes éminents suffirait pour en établir l'importance, si elle avait besoin d'être démontrée.

(1) Architecture hydraulique.

(2) Les résultats de ces expériences sont consignés dans la 4e édit. de l'*Aide-Mémoire* de M. Morin.

« Dans les recherches préliminaires que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, je me suis proposé surtout d'étudier le mode d'action de l'outil, et de déterminer quelques-unes des lois générales de la résistance du bois à cette action. Les moyens employés sont de trois sortes : 1° des expériences directes, donnant en kilogrammes la valeur de l'effort moyen du sciage pour chaque coup de scie; 2° l'observation des phénomènes physiques; 3° l'examen géométrique du mouvement des dents à travers la matière. La scie se mouvait verticalement et le bois était poussé horizontalement pendant qu'elle opérait. Les expériences ont indiqué séparément la résistance du bois à son action verticale et à la pénétration horizontale des dents. Les chiffres représentant ces résistances sont les moyennes d'un assez grand nombre de résultats obtenus dans des circonstances identiques, et aussi peu différents entre eux que le permet la constitution de la matière. Prenant ces moyennes pour ordonnées, et pour abscisses les valeurs des éléments variables dont j'étudiais l'influence, j'ai construit des lignes dont la continuité m'a permis d'admettre les indications. Ces indications se sont accordées en tout point avec les résultats obtenus par les autres moyens d'investigation précités. De l'ensemble de ces documents, j'ai déduit des conséquences générales relatives aux bois dont la constitution est analogue à celle du sapin, essence employée dans les expériences. Les principales de ces conséquences sont les suivantes :

« 1° La résistance à la pénétration horizontale des dents est proportionnelle à la profondeur e du trait, correspondante à une course donnée du châssis et à la voie v de la scie, c'est-à-dire qu'elle est représentée par une fonction de la forme $k\ v\ e$; k étant un coefficient indépendant de la vitesse de la scie, mais dépendant, pour un même outil, de la nature du bois, de son état hygrométrique, et du sens de ses fibres par rapport à la direction du sciage. Pour le sapin de coupe ancienne et très-sec, soumis à l'expérience, si l'on désigne par k' la valeur de ce coefficient quand le bois est scié en long, et par k'' sa valeur quand le trait est perpendiculaire aux fibres principales, on a $k' = 2{,}38.\ k''$. L'humidité du bois augmente beaucoup ce coefficient dans le premier cas, et paraît le diminuer un peu dans le second.

« 2° Dans le sens du mouvement de l'outil, la résistance augmente aussi avec la profondeur e de chaque trait, mais moins rapidement que la surface sciée; de sorte que, toutes choses étant égales d'ailleurs, la quantité de travail mécanique correspondante à l'unité de surface débitée varie, entre des limites assez étendues, en sens inverse de cette profondeur. La résistance est plus grande dans le sciage en long que dans le sciage en travers : elle peut être représentée, quant à l'influence de la profondeur du trait dans l'un et l'autre cas, avec une approximation suffisante pour la pratique, par la formule empirique

$$\frac{Yl}{\beta e} = A - Be,$$

dans laquelle Y est l'effort moyen à appliquer à l'outil parallèlement à sa longueur, βe la surface du trait dû à chaque coup de scie, l la longueur de la course du châssis, A et B des coefficients numériques dépendants de la nature du bois et des autres éléments du travail.

« 3° La résistance du bois augmente avec la vitesse de l'outil, mais cette augmentation devient très-peu sensible quand la profondeur e de chaque trait est fort petite. On peut donc, jusqu'au point où l'échauffement des lames devient nuisible, augmenter la vitesse de l'outil dans les scieries, pourvu qu'on diminue en même temps la quantité dont les dents mordent dans le bois.

« 4° Conformément à l'opinion précitée d'Euler, il n'y a aucun avantage à faire agir l'outil avec une vitesse initiale notable. De plus, il résulte de nos expériences que cette circonstance peut entraîner une perte d'effet utile. La partie de ces expériences qui se rapporte directement à l'influence de la vitesse sera d'ailleurs reprise et complétée dans des recherches subséquentes destinées à réunir, sous plusieurs autres rapports, toutes les données nécessaires à l'établissement des grandes scieries mécaniques.

« 5° Quant au mode d'action de l'outil, il résulte de la discussion exposée dans le mémoire ci-joint que les fibres du bois sont coupées, brisées ou arrachées, quelquefois avec torsion. Ces trois manières d'opérer sont généralement réunies dans le travail des dents, mais suivant des proportions diverses, selon le sens du sciage. Ainsi, lorsque le trait est perpendiculaire aux fibres principales, la résistance à vaincre provient surtout de leur adhérence mutuelle ; lorsque l'on scie parallèlement aux grandes fibres, la principale résistance est celle du bois à la rupture. On voit aussi, par cette discussion, que le frottement de la lame doit être très-faible dans le premier cas, et acquérir dans le second une valeur assez notable qui dépend de l'élasticité du bois.

« 6° Enfin, relativement au mouvement de l'outil à travers la matière, je fais voir qu'il résulte de la taille des dents en biseau, reconnue d'ailleurs pour la plus avantageuse, que, dans le rapport entre l'épaisseur de la pièce débitée et la dimension parallèle de chaque dent est tel qu'il y en ait un nombre impair engagé à la fois, le châssis prend, si la lame est solide et fortement tendue, un mouvement d'oscillations latérales qui donne une forme onduleuse à la surface sciée, et augmente la résistance ainsi que le déchet de matière. D'où il résulte qu'il est avantageux, sous ce rapport, de travailler avec un nombre pair de lames montées sur le même châssis, et taillées symétriquement deux à deux. Cette observation est indépendante de la nature de la matière débitée. (1) »

(Compte rendu de l'Académie des sciences, 1844.)

(1) Nous donnons dans le tome III et suivants de ce Recueil les dessins et descriptions des nouvelles scieries mécaniques employées aujourd'hui pour débiter les bois en grume, les madriers et planches.

PRESSE HYDRAULIQUE

HORIZONTALE

CHAUFFÉE PAR LA VAPEUR

PAR

M. J.-F. SAULNIER, ingénieur-mécanicien

A PARIS

(PLANCHE 6)

M. Saulnier, ingénieur-mécanicien de la Monnaie, est aujourd'hui trop bien connu dans le monde industriel pour que nous ayons à parler de la grande et belle réputation qu'il s'est si justement acquise dans la construction des machines. Les beaux établissements qu'il a montés, le grand nombre de bons appareils qu'il a exécutés, sont pour nos lecteurs des faits certains qui parlent mieux que les livres. Il y avait longtemps déjà que nous désirions donner dans ce Recueil quelque machine confectionnée par un mécanicien aussi distingué, et nous sommes heureux de profiter de son obligeance en publiant la presse horizontale dont il a bien voulu nous communiquer tous les dessins de construction.

Cette presse est destinée à la fabrication des bougies stéariques, qui est devenue depuis peu, comme on le sait, d'une grande importance en France; elle présente une disposition toute particulière qui lui permet d'être chauffée par la vapeur, pendant qu'elle travaille.

On sait que pour extraire des pains cristallisés d'acides gras que l'on obtient après la saponification, toutes les parties liquides qu'ils contiennent et qui ne sont pas propres à la bougie, il est essentiel de les découper d'abord à l'aide d'un hachoir ou couteau mécanique, disposé comme les machines connues sous le nom de *hache-pailles* ou de *hache-écorces*. Cet appareil coupe les pains en copeaux ou feuilles plus ou moins minces que l'on renferme dans des sacs de laine pour les soumettre ainsi à l'action d'une presse hydraulique verticale, dite *presse à froid*, dans laquelle ils reçoivent une première pression.

Lorsqu'on retire ces sacs de la presse, on les place sur une table où on les enveloppe avec des étendelles de crin que l'on frabrique spécialement

pour cet objet, afin de les porter à la presse hydraulique horizontale, où la pression est non-seulement plus forte que la première, mais encore doit se faire à une température élevée, parce qu'on a reconnu qu'elle facilitait considérablement l'extraction de l'acide oléique, qui est liquide.

Pour obtenir cette température, on chauffe préalablement les plaques de fer interposées entre les sacs, et on fait venir de la vapeur dans les côtés de la presse. Cette application, qui paraît avoir été faite d'abord en Angleterre où elle produisit de bons résultats, a été importée en France par M. de Milly, qui, des premiers, monta à Paris une grande fabrique de bougies stéariques (1). Nous croyons que cette nouvelle application de la vapeur aux presses hydrauliques est susceptible d'être faite dans d'autres fabrications où une certaine température peut être très-favorable pour faciliter l'extraction des matières liquides; et, dans tous les cas, nous avons pensé que cette presse, telle qu'elle est établie, dans des dimensions qui la rendent très-puissante, pourrait être vue avec intérêt par nos lecteurs.

DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA PRESSE.

PLANCHE 6.

Du corps de presse et de son piston. — Dans ce genre de presse, comme dans les presses hydrauliques dites verticales, le corps de pompe est un cylindre en fonte creux A d'une forte épaisseur, fermé d'un bout et ouvert de l'autre, mais couché horizontalement. La tête de cette pompe est un large sommier B qui est venu de fonte avec la masse, et qui repose sur un massif en maçonnerie. (Voyez l'élévation fig. 1, et la coupe longitudinale fig. 3.) Un second sommier B′, de même forme que le précédent, mais fondu séparément, est placé à l'autre extrémité de la presse où un massif semblable le reçoit également. Ces deux sommiers sont liés ensemble par de longues barres ou tirants I, en fer méplat corroyé, qui, en même temps, maintiennent leur écartement. (Voy. le plan, fig. 2, et la coupe transversale fig. 4.) Car, d'une part, des clavettes à double talon *n*, ajustées entre des appendices venus de fonte avec les sommiers, traversent les mortaises pratiquées à l'avance dans ces barres, et déterminent ainsi la distance invariable qui doit exister entre eux, et de l'autre, des clavettes semblables *o*′, et des clavettes droites *o*, viennent au dehors de ces mêmes sommiers, ajustées comme les premières, les serrer très-fortement, de manière à les rendre entièrement solidaires. Il faut que ces barres puissent résister à la force de traction, pendant l'énorme pression qui a lieu dans l'appareil lorsqu'il travaille. Nous ferons voir plus loin que, par les dimensions que le constructeur leur a données, elles peuvent aisément supporter cet effort sans crainte de rupture.

Le piston de la presse est aussi un cylindre creux en fonte C, tourné extérieurement dans toute sa longueur, et ajusté avec le plus grand soin

(1) Voyez pour les détails de cette fabrication le tome III de ce Recueil.

dans le corps de pompe qui est alésé vers l'ouverture sur une étendue de 0m35 seulement. Ce piston est assemblé au plateau de fonte D par un rouleau en bois *a* qui, d'abord chassé avec force dans la tête du piston, est tourné ensuite pour s'ajuster très-exactement au centre du plateau avec lequel on le relie par une cheville de fer; ces pièces ainsi réunies ne forment plus qu'un seul corps.

Un cuir embouti *a'*, est logé dans une gorge cylindrique que l'on a eu le soin de pratiquer d'avance, dans le milieu de la partie alésée du corps de presse, pour fermer exactement le joint du piston, de manière à éviter toute fuite, malgré l'énorme pression qui peut s'exercer dans l'intérieur. Ce cuir, qui est indispensable dans toutes les presses hydrauliques, doit être recourbé comme l'indique la coupe longitudinale, fig. 3, et présenter ses bords amincis, du côté de l'arrivée de l'eau dans la presse. Pour parvenir à leur donner cette forme d'une manière régulière, et sans trop de difficulté, le constructeur a dû faire un instrument tout exprès, à l'aide duquel il l'emboutit en très-peu de temps, et on le met sur le tour ensuite, pour lui former cette espèce de biseau sur les bords.

Des pompes d'injection. — La presse est alimentée par une ou deux pompes d'injection qui ne sont autres que des pompes aspirantes et foulantes, à piston plein, comme on les construit généralement. Elles peuvent être mues, soit par des hommes, soit par un moteur continu; elles peuvent aussi être disposées pour alimenter deux presses alternativement, ce qui permet de charger l'une pendant qu'on décharge l'autre, et réciproquement. On sait que M. Spiller a conçu, il y a déjà une douzaine d'années, un système de pompes qui injectent à chaque coup de piston successif, une quantité d'eau qui devient de plus en plus faible, afin de faire marcher le piston de la presse plus lentement, à mesure que la pression s'effectue; cette disposion est d'autant plus heureuse qu'elle permet de ne pas faire croître la puissance proportionnellement comme la résistance. Pour obtenir cet effet, il a dû combiner les deux engrenages qui font mouvoir les deux pistons injecteurs de manière qu'ils diffèrent entre eux d'une dent, de sorte qu'en les plaçant au commencement d'une pressée exactement dans la même position, l'un se trouve bientôt en retard sur l'autre, et il s'y met d'autant plus que le mouvement continue; enfin, au bout d'un nombre de tours égal à la moitié du nombre de dents de l'une des roues, ces pistons sont diamétralement opposés; le premier aspire pendant que le second refoule, *et vice versâ*; et comme ils sont constamment en communication, il arrive que la quantité d'eau aspirée par l'un est renvoyée par l'autre dans la bâche sans agir dans la presse. Lorsqu'ils sont arrivés à ce point, la pressée doit être terminée, et on peut en être prévenu par une soupape de sûreté. Un grand nombre de pompes ont été établies sur ce principe par plusieurs constructeurs.

Des mécaniciens ont aussi eu l'idée d'assembler trois pompes d'injection en reliant leur piston par une même traverse, et ayant chacune leur

jeu de clapets; elles sont disposées de telle sorte qu'on peut les charger indépendamment les unes des autres, pour correspondre à des pressions différentes. Ainsi dans l'une on met un contre-poids qui équivaut sur la soupape à une charge de 4 kilog. par millimètre quarré, par exemple, dans la seconde un contre-poids équivalant à la pression de 5 kilog., et dans la troisième un autre qui donne une pression de 6 kilog. Par conséquent, lorsque, après avoir marché un certain temps, on est arrivé à la première presssion de 4 kilog. par millimètre quarré, la pompe la moins chargée ne joue plus ou du moins ne produit plus d'effet; le mouvement continuant, la pression augmente, mais déjà le piston presseur marche plus lentement puisqu'il arrive moins d'eau dans le corps de presse; bientôt la deuxième pompe cesse également de jouer, parce qu'on a atteint la pression de 5 kilog.; on n'injecte plus alors par coups de piston que le 1/3 de la quantité envoyée primitivement par les trois pompes; et enfin, lorsque la plus haute pression est obtenue, la troisième pompe ne donne plus d'eau à son tour, et lors même qu'on ne s'apercevrait pas que la pressée est terminée, on n'aurait pas à craindre que les tuyaux crèvent par un excès de pression.

Cette disposition de pompe d'injection est aujourd'hui très-répandue, parce qu'on l'a trouvée fort commode et d'une grande simplicité. Nous n'avons pas cru devoir nous y arrêter, pensant qu'elles sont bien connues.

L'eau arrive des pompes d'injection dans le corps de la presse qui nous occupe par le tuyau en cuivre *b* d'un très-petit diamètre. Une douille en bronze, filetée, assemble ce tuyau avec la presse, comme l'indique la coupe fig. 3, et pour empêcher les fuites on a ajusté, dans le fond du trou taraudé qui la reçoit, un cuir qu'elle vient serrer fortement. Cette douille peut être d'ailleurs placée en un point quelconque de la presse, à l'une comme à l'autre extrémité, sans aucun inconvénient.

De la soupape de sureté. — Quelle que soit la disposition des pompes d'injection, on adapte près d'elles une soupape de sûreté, qui est chargée d'un poids correspondant à la pression que l'on veut obtenir dans le corps de presse, et elle suffit, en général, dans les machines de ce genre; mais cependant, dans l'appareil horizontal de M. Saulnier, ce mécanicien a dû appliquer une seconde soupape de sûreté *c*, sur le corps de presse même, pour permettre de prolonger, pendant quelques instants, la pression sans l'augmenter et surtout sans causer de rupture. Ainsi, lorsqu'on arrive vers la fin de l'opération, que les soupapes de sûreté commencent à jouer, les pompes ne cessent pas pour cela d'injecter de l'eau; on les dispose, au contraire, pour qu'elles continuent à marcher, afin de maintenir les sacs dans un état de forte pression qui favorise l'écoulement du liquide, dont une partie, sans cette précaution, pourrait encore rester dans la matière. La quantité d'eau envoyée par les pompes est à peu près perdue, ce qui a lieu nécessairement, puisque les soupapes jouent; mais la pression n'en est pas moins maintenue, et on ne risque pas de crever les tuyaux ou d'autres parties de la machine.

La soupape *c* est renfermée dans une cage en cuivre *d*, qui lui sert de guide pour qu'elle se soulève dans une direction verticale ; cette cage est fixée à vis sur une douille à embase *e*, laquelle est filetée des deux bouts et est vissée sur le corps de pompe (voy. le détail représenté sur les fig 8 et 9) (1). L'ouverture qui s'y trouve pratiquée pour donner issue à l'eau n'a pas plus de 8 millimètres de diamètre, ce qui donne une section d'un demi-centimètre quarré. Le levier en fer E, qui doit presser sur la soupape, a une longueur de $0^m 650$; la distance horizontale, mesurée de son point de contact sur la soupape à son centre d'oscillation, est de $0^m 050$, et celle du même point à l'extrémité où est suspendue la charge F est de $0^m 650$. Ainsi un poids d'un kilogramme attaché au bout du levier exerce sur la soupape une pression de

$$1 : x :: 0{,}05 : 0{,}65,$$

$$\text{d'où } x = \frac{0{,}65 \times 1}{0{,}05} = 13 \text{ kilog.}$$

Par conséquent, pour que la soupape, avant de donner issue à l'eau, puisse supporter une pression de 250 kilog., ce qui correspond à une charge de 5 kilog. par millimètre quarré, il faudrait appliquer à l'extrémité du levier un poids de

$$250 \div 13 = 19{,}23,$$

c'est-à-dire un peu plus de 19 kilog.; mais de ce chiffre il y a à déduire le poids propre du levier, que l'on peut aisément connaître à l'avance.

Un tuyau *e'* est adapté à la cage de la soupape pour conduire l'eau à la bâche ou au dehors, et un guide en fer *g*, vissé sur le corps de presse, sert à maintenir le levier E dans un même plan vertical.

De la caisse et des plaques. — Les sacs ou les étendelles de crin qui enveloppent les matières à comprimer se placent dans une longue caisse, composée, d'une part, des deux sommiers B et B', et, de l'autre, des deux panneaux en fonte J. Elle n'est pas, comme une presse horizontale ordinaire, d'une seule pièce avec le fond et les deux bouts. Chaque panneau est fondu séparément et creux, avec des nervures qui le consolident à l'extérieur; des diaphragmes ou cloisons *p* sont ménagés intérieurement pour former des canaux le long desquels circule la vapeur, que l'on fait venir d'un générateur par des tuyaux en cuivre *q*. Il est aisé de voir, par la fig. 1, le trajet que cette vapeur est obligée de faire : entrant à droite dans le panneau, elle parcourt tout le canal inférieur, et se rend, par un premier orifice *r*, pratiqué à gauche de la première cloison, dans le second canal, qu'elle parcourt de même, et à l'autre extrémité duquel elle trouve une deuxième issue *r'*, qui lui permet de passer dans le canal supérieur, qu'elle

(1) Nous croyons que cette soupape, au lieu d'être conique, devrait être, comme les soupapes de sûreté des chaudières à vapeur, à rebord plat très-étroit. M. Decoster en a fait l'application à une presse horizontale qu'il a été chargé de réparer, et l'on en est satisfait.

chauffe comme les précédents; elle sort enfin de ce dernier par le tuyau q', adapté vers son extrémité. On conçoit qu'en faisant ainsi passer un jet continu de vapeur, on arrive à chauffer les deux panneaux à une assez grande température. Pour que la vapeur ne puisse s'échapper par les bouts, on les a fermés hermétiquement par des couvercles de fonte K, qui sont fixés aux panneaux par des vis (voy. la coupe verticale faite par le milieu d'un panneau, fig. 6, et la coupe horizontale, fig. 7); du mastic de fonte est interposé entre les joints avant le serrage de ces vis.

Les plaques L, entre lesquelles sont pressés les sacs M, qui contiennent les matières grasses à presser, sont en bon fer forgé, de 27 millimètres d'épaisseur; on en a fait en fonte plus épaisse qui n'ont pas résisté; ces plaques sont aussi chauffées avant d'être portées dans la presse. A cet effet, on les plonge dans une chaudière particulière, en tôle ou en cuivre, bien fermée, et dans laquelle on fait arriver de la vapeur; on les retire au bout d'un certain temps, lorsqu'on juge qu'elles ont acquis le degré de chaleur nécessaire, et on les reporte rapidement à la presse, en plaçant les sacs entre elles, comme on l'a représenté sur la coupe longitudinale, fig. 3. Une oreille percée a été formée à leur partie supérieure, pour pouvoir, à l'aide d'un treuil, les manœuvrer avec facilité et perdre moins de temps à les transporter. Elles portent aussi chacune deux rebords en saillie qui reposent sur les côtés supérieurs des panneaux qui sont dressés préalablement à cet effet (fig. 4 et 5), afin qu'elles restent toutes à la même hauteur, et qu'elles ne soient pas abandonnées à elles-mêmes.

On a proposé à M. Saulnier de chauffer les plaques directement dans la caisse, au lieu de les chauffer dans une chaudière particulière, afin d'éviter la manutention. Le constructeur a dû, à cet effet, adopter une disposition qui permît de fermer la caisse complétement. Cette disposition a été dessinée à part sur la fig. 5; on y remarque que les panneaux portent, en plus des premiers, de larges rebords sur lesquels on peut, d'une part, boulonner le couvercle supérieur en fonte O, qui recouvre les plaques, et, de l'autre, le couvercle inférieur P, qui forme le fond de la caisse, et peut, au besoin, servir de gouttière. Ce projet n'a pas été jusqu'ici mis à exécution.

De la gouttière.— Une gouttière en fonte N, est placée sous la caisse pour recevoir, pendant l'opération de la pressée, toute la partie liquide qui sort des matières grasses, et la conduire jusqu'au bout de l'appareil, d'où elle tombe dans un vase ou réservoir inférieur qui déjà reçoit toute celle provenant de la presse verticale. Cette gouttière présente une forme particulière (voy. la section transversale, fig. 4); elle est aussi, comme les panneaux, chauffée par un courant de vapeur pendant le travail. Celle-ci s'y introduit, d'un bout, par la tubulure u, et en sort, à l'autre, par la tubulure u'. Une nervure en équerre s, règne sur toute la longueur de la gouttière pour la consolider et recevoir en même temps le bout inférieur des sacs, et leur servir de conducteur. Le canal dans lequel passe la vapeur est fermé avec soin à chaque bout pour ne pas permettre de fuite. Deux brides

en fer *t* sont adaptées aux sommiers de la presse pour porter cette gouttière et la suspendre à peu de distance au-dessus du sol, en lui donnant une légère inclinaison qui facilite l'écoulement du liquide.

Moyens de ramener le piston presseur. — Lorsqu'une pressée est terminée, il faut ramener le piston de la presse à la position primitive, celle qu'il occupe sur le dessin; mais, comme son poids, ajouté au frottement qu'il exerce dans l'intérieur du corps de pompe, est assez considérable, il est utile de l'équilibrer pour ne pas avoir à déployer une grande puissance. M. Saulnier a estimé qu'il fallait un contre-poids de 1.000 kilog. environ pour faire équilibre à cette charge du piston. La première disposition adoptée pour attacher le contre-poids est celle représentée sur les fig. 1 et 2, laquelle consiste dans l'application de trois tringles horizontales *h*, dont deux placées au-dessus du corps de presse vont s'accrocher au plateau D du piston, et l'autre, placée en dessous, se partage en deux branches pour se boulonner à deux oreilles venues de fonte avec la partie inférieure de ce plateau (voy. fig. 4), et qui laissent entre elles un espace libre pour donner passage à la cloison *s* de la gouttière. Ces trois tringles sont attachées par l'autre bout à des chaînes en fer *i*, qui passent sur la gorge des poulies *l*, et descendent au-dessous pour se réunir, par les trois crochets *k*, à une même traverse en fer *j*, au milieu de laquelle est fixé un quatrième crochet *k'*, qui porte le contre-poids G; celui-ci peut être d'une seule pièce en fonte, lorsqu'on connaît exactement, à l'avance, la charge nécessaire qui doit faire équilibre au poids du piston; mais si elle n'est pas connue, il est préférable de le composer de plusieurs disques ou plateaux de fonte que l'on superpose les uns sur les autres.

On peut ainsi, par l'addition d'un faible poids ajouté au précédent, faire revenir le piston avec une grande facilité.

Une disposition plus simple que la précédente a pu être plus tard adoptée par le constructeur; il a remplacé les trois tringles qui viennent d'être mentionnées par une tringle unique *h'*, directement attachée à l'extrémité du piston (fig. 3), et traversant l'épaisseur du fond du corps de presse. Il ne faut alors aussi qu'une seule chaîne, une seule poulie et un seul crochet. Et pour empêcher les infiltrations qui pourraient se faire par l'ouverture qui donne passage à la tringle, on ferme ce passage par un bouchon ou une douille en cuivre taraudée dans l'épaisseur du métal et pressant une rondelle de cuir logée dans le bout. Cette disposition n'avait pu être appliquée dans les premières presses, parce que le fondeur n'était pas arrivé à faire venir les corps de presse assez sains, assez homogènes, et surtout ne renfermant pas de soufflures, principalement du côté du fond. Cependant, sur la recommandation expresse de fondre ces pièces en y laissant une forte masselotte de 65 à 70 centimètres de hauteur, il est parvenu à les obtenir aussi pures, aussi saines qu'on pouvait le désirer. Le constructeur ne craignit plus alors de percer, dans le fond, un trou qui donnât passage à la tringle, et le fondeur s'en est aussi bien trouvé, car il ne manque plus de

ces pièces, comme il en a manqué pour les premières. Cette forte masselotte est coupée au tour, après que la pièce est fondue et refroidie.

DIMENSIONS PRINCIPALES DE LA PRESSE.

L'énorme pression à laquelle les corps de presse sont soumis pour écraser ou comprimer de certaines matières, exige de leur donner de fortes épaisseurs pour qu'ils puissent résister sans crainte de rupture. Il faut aussi que les tirants ou barres d'écartement soient d'une dimension suffisante pour ne pas céder à l'effort de traction. Comme les règles pratiques employées, pour calculer ces dimensions, ne sont pas encore très-répandues, nous avons pensé qu'il ne serait pas inutile de les exposer en peu de mots dans ce Recueil.

Nous trouvons, dans le *Mechanic pocket dictionary*, une méthode de déterminer l'épaisseur à donner au cylindre de presse, usitée en Angleterre, et qui est d'une grande simplicité; elle peut être mise sous la forme de

$$e = \frac{r\,(p - 1)}{F - p}$$

dans laquelle (en traduisant en mesures métriques), p représente la pression en kilogrammes par centimètre quarré;

r, le rayon intérieur du cylindre en centimètres;

F, la force de cohésion du métal par centimètre quarré;

e, l'épaisseur du métal en centimètres.

De cette formule nous déduisons la règle suivante :

RÈGLE. — *Multiplier la pression donnée sur le piston en kilogrammes par centimètre quarré, moins* 1 *atmosphère, par le rayon intérieur du cylindre en centimètres, et diviser ce produit par la différence obtenue entre la force de cohésion du métal par centimètre quarré et la pression donnée.*

On admet que la force de cohésion de la fonte douce, telle qu'on doit l'employer pour le corps de presse, peut être de 1,300 kilog. par centim. quarré, c'est-à-dire qu'on peut lui faire subir cette pression sans aucune crainte de rupture.

EXEMPLE. — Le diamètre intérieur d'un cylindre de presse en fonte est de 25 centimètres; la pression que l'on veut obtenir sur le piston est de 245,000 kilog.; quelle est l'épaisseur à donner à ce cylindre?

La section correspondante au diamètre $0^{m}25$ est de 491 centim. quarrés, par conséquent la pression par centim. quarré est de $245{,}000 \div 491 = 500^{k}$ environ :

$$\text{on a donc } \frac{500 \times 12{,}5}{1300 - 500} = 7^{c}8$$

l'épaisseur de la fonte sera donc de $0^{m}078$.

Dans la presse de M. Saulnier, l'épaisseur du cylindre est de 0^m110, il est capable de résister à une pression de plus de 600 atmosphères ou environ de 610 kilog. par centimètre quarré; on a, en effet, dans cette hypothèse, d'après la règle précédente (le diamètre intérieur du corps de presse étant de 0^m25),

$$\frac{610 \times 12,5}{1300 - 610} = 11^c0.$$

Nous avons appris qu'elle n'a été livrée que pour des pressions de 500 atmosphères; ainsi le constructeur s'est mis bien au-dessus des dimensions voulues.

Le plateau D de la presse doit avoir aussi une forte épaisseur; cependant comme il présente une surface qui est plus de trois fois plus grande que celle du piston, la pression sur chaque centimètre quarré est évidemment bien moindre; on lui a donné toutefois 0^m09 d'épaisseur aux extrémités, et 0,135 au centre.

Si, d'un côté, la résistance du fer fondu à l'écrasement est plus grande que celle du fer forgé, d'un autre côté, l'inverse a lieu pour les cas de résistance à la traction. Ainsi on doit bien préférer la fonte lorsqu'il s'agit de l'employer comme support, comme résistant à des charges, à des pressions; mais le fer forgé, à son tour, doit être préféré pour résister à des efforts de traction. Or, dans l'appareil qui nous occupe, le constructeur a réuni les sommiers de la presse par quatre tirants en fer qui doivent en maintenir l'écartement. Ces tirants sont évidemment dans le cas de barres soumises à un effort de traction longitudinale.

Chacune des quatre barres porte 0^m12 de large sur 0^m038 d'épaisseur, leur section totale est donc de

$$12 \times 3,8 \times 4 = 182 \text{ centimètres quarrés.}$$

En admettant que la pression sur le piston soit de 250,000 kilog., c'est-à-dire de 500 atmosphères environ, chaque centimètre quarré des tirants doit résister à un effort de

$$250,000 \div 182 = 1373 \text{ kilog.}$$

Nous remarquerons que ces barres sont en fer bien corroyé, et comme, d'après les expériences faites sur des fers de divers échantillons soumis à la rupture par extension, on a trouvé que la résistance par centimètre quarré pour le

fer forgé, le plus fort, du petit échantillon.... est de 6000^k.
Id. le plus faible, de très-gros échantillon... de 2500
Id. moyen.............................. de 4000

on voit qu'en ne comptant que sur la moyenne de ces résultats, on trou-

verait encore que les tirants qui relient les sommiers de la presse seraient capables de résister à un effort trois fois plus considérable que celui auquel ils sont soumis avant de se rompre.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 6.

Fig. 1. Élévation latérale de la presse, et coupe verticale des massifs sur lesquels elle est assise.

Fig. 2. Plan général, vu en dessus de ladite.

Fig. 3. Coupe longitudinale, faite suivant la ligne 1-2 du plan.

Fig. 4. Coupe transversale, faite suivant la ligne 3-4, et vue du côté du cylindre presseur, les plaques étant enlevées.

Fig. 5. Autre coupe transversale, faite au milieu d'une caisse en fonte, semblable à celle des figures précédentes, mais fermée en dessus et en dessous, pour y chauffer les plaques à la vapeur.

Fig. 6 et 7. Fragments de l'une des parois de la caisse en fonte de la presse; la première de ces figures est une coupe verticale, suivant la ligne 5-6, et la deuxième est une section horizontale, faite à la hauteur des compartiments.

Ces différentes figures sont représentées à l'échelle de cinq centimètres pour mètre.

Fig. 8 et 9. Détails au 1/10 de la soupape de sûreté appliquée sur le corps de presse.

NOTICES INDUSTRIELLES

MOYEN DE GARANTIR LES MURS DE L'HUMIDITÉ,

PAR M. SILVESTER.

Le procédé imaginé par l'auteur consiste à rendre les briques impénétrables à l'humidité, en les enduisant d'une solution composée des ingrédients suivants : on fait dissoudre 280 grammes de savon dans quatre litres d'eau, et on passe ce mélange sur la surface des briques avec un pinceau large et plat, en ayant soin de ne pas produire de mousse; on fait sécher pendant vingt-quatre heures, après quoi on prépare une solution de 186 grammes d'alun dans seize litres d'eau, et on l'applique sur les briques. Cette opération doit se faire par un temps sec et chaud.

Voici les résultats obtenus par ce procédé. Un mois après l'essai entrepris sur un bâtiment devenu inhabitable par l'effet de l'humidité, malgré

l'emploi de briques de bonne qualité, il survint des coups de vent du sud-ouest accompagnés d'une pluie continue pendant quarante-huit heures; des murs ordinaires eussent été pénétrés, mais le revêtement en briques préparées a opposé, dans cette circonstance, un obstacle efficace à l'infiltration de l'eau et a parfaitement résisté. Depuis, d'autres averses sont venues frapper contre les murs ainsi garantis, mais aucune trace d'humidité ne s'est manifestée. *(Civ. engin. journal* 1844.)

FABRICATION DE BARRES COMPOSÉES DE FER ET D'UN AUTRE MÉTAL,

PAR M. BOYDELE, MAÎTRE DE FORGES A OAK-FARM, PRÈS DUDLEY.

L'auteur s'est proposé de laminer le fer de manière à le recouvrir d'acier, et à obtenir ainsi des barres propres à un grand nombre de fabrications, notamment à celles où les objets manufacturés doivent avoir leurs surfaces trempées ou polies. Il cite, entre autres exemples, les tiges de pistons, les petites pièces mobiles des machines à vapeur, les arbres tournants, les pièces semblables de mécanique, les barres de cheminée, et généralement tous les objets en fer auxquels il importe de donner de la rigidité et que l'on doit conserver bien polis.

Pour fabriquer les barres aciérées, M. Boydell prépare les trousses de manière que la surface soit revêtue de maquettes en acier convenables pour l'usage auquel la pièce est destinée. Ces maquettes sont d'une épaisseur proportionnée a celle que l'acier doit avoir, dans la barre, après le laminage.

L'auteur fait chauffer cette trousse, ainsi composée, dans un four, comme une trousse ordinaire, en fer; mais, si l'acier est trop mince ou d'une qualité difficile à souder, il ne le place sur le fer que quand ce dernier est en partie chauffé. Lorsque la trousse est arrivée à la température soudante, il la passe entre des cylindres cannelés jusqu'à ce que la barre ait pris la forme et les dimensions requises.

L'auteur n'ignore pas que l'on a proposé, avant lui, de couvrir des barres de fer avec de l'acier, en laminant, d'abord, cette matière et la distribuant autour d'une barre de fer soumise ensuite au laminage : il réclame donc seulement la fabrication de barres en fer laminé qu'il acière en formant des trousses recouvertes de maquettes d'acier, et en laminant ces trousses après les avoir convenablement chauffées.

APPLICATIONS

DE

LA CHALEUR PERDUE DES HAUTS-FOURNEAUX

AU CHAUFFAGE DES CHAUDIÈRES A VAPEUR.

PAR

MM. LAURENS et THOMAS, et M. E. FLACHAT

INGÉNIEURS A PARIS

(PLANCHE 7)

Les nombreuses applications que l'on a faites dans ces dernières années, pour utiliser la chaleur fournie par la flamme du gueulard des hauts-fourneaux, comme celle des fours à puddler et à réchauffer, ne laissent aujourd'hui aucun doute sur les bons résultats qu'on peut obtenir dans toutes celles qui sont encore à faire. Les premiers essais ne donnèrent pas, il est vrai, toute l'économie qu'on en espérait; car plusieurs établissements français ou étrangers, qui firent les premiers frais, n'obtinrent d'abord que des résultats presque insignifiants. Il fallait, comme dans toute industrie nouvelle, que des ingénieurs, des industriels de capacité et de persévérance, convaincus que le principe en lui-même était bon, cherchassent les moyens d'en rendre l'application utile et avantageuse (1).

MM. Laurens et Thomas, ingénieurs de mérite, qui se sont occupés d'une manière toute spéciale de ce sujet, prirent dès le commencement de l'année 1836 un brevet d'invention pour leur procédé d'utilisation de la chaleur perdue dans les hauts-fourneaux. Depuis cette époque, ils ont établi dans diverses usines une certaine quantité d'appareils ayant pour objet d'utiliser cette chaleur, et de l'appliquer soit au chauffage des chaudières à vapeur, soit à d'autres usages. Ils ont dû nécessairement apporter dans chacun de ces appareils des modifications appropriées aux localités, et des améliorations résultant de leur propre expérience. Celui que nous allons faire connaître est celui qu'ils ont monté à Villerapt (Moselle).

(1) MM. Clément et Thénard reconnurent, des premiers, que le gaz sortant des hauts-fourneaux était de l'oxyde de carbone, et que ce gaz était inflammable.

Ces ingénieurs ont également utilisé la chaleur perdue des fours à puddler et à réchauffer, pour la formation de la vapeur. Ils ont encore, ce qui est plus rare, appliqué la combustion des gaz des feux d'affinerie, à la génération de la vapeur nécessaire aux moteurs de marteaux de forges, marchant au charbon de bois. Nous croyons que cette application, qui jusqu'ici n'a été faite que par ces messieurs, et qui a donné de bons résultats, se répandra avec autant de succès que celles qui ont été faites sur les hauts-fourneaux.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL

ÉTABLI AU HAUT-FOURNEAU DE VILLERAPT. — (FIG. 1 ET 2, PL. 7.)

Le système de chauffage d'une chaudière à vapeur, par la chaleur perdue, présente dans ses applications des difficultés que l'on ne rencontre souvent pas par l'emploi de la chaleur directe, et exige des dispositions particulières que les ingénieurs doivent étudier avant de les mettre à exécution.

Les principales questions à résoudre dans ce système, quelque soit d'ailleurs le dispositif adopté, sont les suivantes (1) :

« 1° Employer le plus utilement possible la chaleur due à la combustion des gaz qui s'échappent du gueulard, sans nuire à la marche du fourneau;

« 2° Obvier aux variations d'intensité de calorique, inhérentes évidemment au mode de chargement et de marche d'un haut-fourneau;

« 3° Éviter les inconvénients et les dangers qu'amènent infailliblement les mouvements des maçonneries que subissent les fours des hauts-fourneaux, sous l'influence des hautes températures;

« 4° Enfin, adopter des dispositions telles, qu'on ne soit pas obligé d'arrêter la production de vapeur et la marche de la machine, dans le cas où l'on mettrait bas le haut-fourneau. »

Par la disposition que MM. Laurens et Thomas ont adoptée, on verra que ces diverses conditions ont été complétement remplies, après avoir lu la description que nous allons donner de leur appareil qui est représenté en coupe verticale sur la fig 1 (pl. 7), et en projection horizontale (fig. 2).

Sur le gueulard du haut-fourneau, les auteurs ont placé une trémie en fonte B, de forme légèrement conique, et ouverte à ses deux bases; elle est fixée par son rebord supérieur sur le sommet même du gueulard, dans lequel elle est complétement plongée. C'est par cette trémie que l'on charge les matières qui constituent le lit de fusion, comme on le ferait par un gueulard ordinaire. Elle pourrait être aussi faite en tôle de 3 à 4 millimètres d'épaisseur seulement. Il est inutile de la recouvrir par un registre.

Il est aisé de voir déjà que tous les gaz qui s'élèvent de la cuve A du

(1) Voyez le mémoire publié dans les *Annales des Mines*, vol. XVII, 1840, par M. E. Flachat.

fourneau, affluent en grande partie, dans l'espace annulaire réservé entre la paroi extérieure de la trémie, et celles en briques du gueulard. Il s'en échappe très-peu par l'intérieur de la trémie, parce qu'ils éprouvent une pression beaucoup plus considérable qu'à l'entour. C'est de là qu'ils se rendent par l'ouverture C, soit à la cheminée d'appel N, lorsqu'on veut les laisser perdre, soit au foyer où ils doivent se brûler.

Il est de toute nécessité, pour pouvoir tirer parti de ces gaz comme chauffage, de les mettre en contact avec un courant d'air neuf qui les enflamme, sans quoi on n'obtiendrait aucun profit, car leur température propre, à la sortie de la cuve du haut-fourneau, n'est souvent pas de plus de 100 à 150 degrés. Il est donc nécessaire de disposer un foyer particulier qui donne accès à l'air extérieur, en même temps que s'effectue l'écoulement des gaz. MM. Laurens et Thomas ont conçu leur foyer d'une manière toute particulière et très-favorable à cette opération. Ils ont placé, dans la largeur du canal C, treize barreaux creux D, dont la section verticale parallèle au plan 2-3 (fig. 2), présente la forme d'un triangle rectangle, fig. 3; ces barreaux sont composés de feuilles de tôle mince reployées comme l'indiquent la section horizontale fig. 4, et la coupe transversale fig. 5. Chacun d'eux est fixé par sept petits boulons sur une plaque en fonte *e*, qui prend toute la largeur du canal. On voit par le plan détaché de cette plaque (fig. 6) qu'elle est percée d'autant d'ouvertures qu'il existe de barreaux, et qu'elles ont pour section la base même de ces derniers.

L'introduction de l'air extérieur se fait par le canal E, qui est ouvert aux deux extrémités; il débouche en traversant les ouvertures de la plaque dans l'intérieur des barreaux, pour se projeter, en se divisant, sur le flux de gaz, qui lui-même se divise pour passer entre chacun des barreaux; par ce moyen, la combustion peut être complète, surtout si on donne à l'air une entrée suffisante. L'épaisseur de la lame d'air entre chaque ouverture est de deux centimètres, celle du gaz entre chaque barreau est également de deux centimètres. Les constructeurs ont aussi adopté, dans certaines circonstances, une disposition inverse à celle-ci, c'est-à-dire que les gaz arrivent par les ouvertures même qui, dans le cas actuel, donnent entrée à l'air neuf, et réciproquement.

Le canal latéral E, ménagé dans l'épaisseur de la maçonnerie, peut être fermé à ses extrémités par deux registres glissant verticalement entre des coulisseaux adaptés à l'extérieur, et que l'on manœuvre à volonté pour permettre de régler le volume d'air nécessaire à la combustion des gaz. L'un de ces registres est représenté en *d* sur le plan fig. 2.

A leur sortie du foyer, les gaz enflammés circulent autour du bouilleur horizontal en tôle G, en l'enveloppant sur presque toute son étendue; arrivés à l'extrémité du carneau, ils descendent alors par le canal demi-cylindrique I, pour échauffer d'abord la moitié de la chaudière verticale H; parvenus à son extrémité inférieure qu'ils entourent, ils trouvent un passage *f*, et remontent par le second canal J, de même forme et de même

section que le précédent : ils échauffent ainsi la seconde moitié de la chaudière, excepté dans l'épaisseur de la même cloison *e*, qui sépare les deux carneaux. Enfin, ils se rendent dans la capacité K, et de là à la cheminée L, après avoir encore circulé autour de la partie supérieure de la chaudière qui forme réservoir de vapeur, afin de sécher celle-ci en la maintenant à sa température. On n'a pas à craindre ici, comme dans des fourneaux ordinaires, que le générateur s'échauffe jusqu'au rouge, parce que les gaz enflammés ne se trouvent pas, quand ils arrivent vers cette partie, à une température assez élevée pour qu'ils soient capables de brûler la tôle ; c'est du moins ce qui a été reconnu par les ingénieurs même.

La cheminée L peut avoir 6 à 7 mètres de hauteur; elle est en tôle et repose sur une voûte en briques supportée elle-même par des barres de fer; on règle à volonté son ouverture par un registre circulaire *g*, que l'on doit pouvoir manœuvrer à la main, afin de déterminer un tirage plus ou moins actif, et proportionnel d'ailleurs à la quantité de gaz brûlé.

La maçonnerie qui entoure la chaudière et qui forme son fourneau est entièrement en briques réfractaires, on voit qu'elle est isolée de la chemise du haut-fourneau, et par conséquent elle n'a pas à craindre les effets de la dilatation. Des pattes en fer qui y sont scellées maintiennent la chaudière dans la position verticale qu'on lui a donnée, de sorte qu'à l'exception du dôme qui la termine, elle est complétement dans le fourneau. Ce dôme porte le trou d'homme *i*, par lequel on peut s'introduire dans la chaudière pour la nettoyer, et aussi les appareils de sûreté, les rondelles fusibles et le flotteur qui n'ont pu être figurés sur le dessin.

Le départ de la vapeur pour le mouvement de la machine à lieu par le tuyau *j* (fig. 1) qui a son origine au sommet du dôme, et traverse toute la hauteur de la chaudière pour sortir par la partie inférieure; et l'eau d'alimentation est amenée par le second tuyau *j'*, qui aboutit directement à cette partie inférieure de la chaudière.

Au-dessous du bouilleur G, MM. Laurens et Thomas ont eu le soin de placer un foyer ordinaire à grille M, dont le cendrier toutefois est muni d'un registre. Ce foyer de secours ne doit servir que dans des circonstances exceptionnelles, comme lorsque le haut-fourneau est arrêté, par exemple, et qu'on veut cependant faire marcher la machine qui donne le mouvement à une soufflerie à piston destinée à alimenter deux hauts-fourneaux au charbon de bois. La chaleur perdue, résultant de la combustion des gaz qui sortent du gueulard du haut-fourneau représenté sur le dessin, est bien suffisante pour la marche de la machine à la force de 12 à 14 chevaux qu'elle doit avoir pour que sa soufflerie puisse fournir tout le vent nécessaire à ces deux hauts-fourneaux, et qui produisent chacun environ 4000 kilog. de fonte grise par 24 heures.

La cheminée en tôle N, qui est placée au-dessous du canal C, est destinée à l'évacuation des gaz du haut fourneau, lorsqu'on n'échauffe pas la chaudière; elle donne également issue à l'excès des gaz qui ne traversent pas

la grille D, et qui, par conséquent, ne s'enflamment pas. On règle aussi l'ouverture de cette cheminée par une valve circulaire *k*, comme on ferme la communication des gaz avec le foyer D, par le registre *b*, qui permet encore de régler la section du canal C.

On peut voir par les dimensions données à la chaudière et à son bouilleur, que la surface de chauffe est beaucoup plus considérable que celle généralement adoptée pour les chaudières placées dans les fourneaux ordinaires En effet, le diamètre intérieur de cette chaudière est de $1^{m}20$; la hauteur de toute la partie en contact avec l'eau, et propre par conséquent à la vaporisation, est de $4^{m}15$. De plus, le diamètre du bouilleur est de $0^{m}70$ et sa longueur de $1^{m}86$. Ainsi la surface totale est donc de

$$15^{m.q.}64 \times 4^{m.q.}09 = 19^{m.q.}73.$$

Or, il est de la plus grande importance de donner ainsi aux chaudières chauffées par la combustion du gaz sortant du gueulard, une plus grande surface de chauffe, afin d'obvier aux variations d'intensité du calorique qu'ils dégagent, variations qui proviennent nécessairement et du mode de chargement et de la marche même du haut-fourneau. En général, on admet comme règle adoptée, qu'un mètre quarré de surface chauffée par les gaz enflammés ne développe à peu près que la moitié de la valeur qui peut être produite par une égale surface chauffée directement.

La chaudière représentée sur les fig. 1 et 2 du dessin est timbrée à 4 atmosphères. La machine à vapeur qu'elle alimente est à détente, elle est placée avec la soufflerie au pied même du haut-fourneau, disposition qui permet ainsi de diminuer la dépense en tuyaux et conduits qui eussent été nécessaires avec un autre agencement.

APPAREIL DU HAUT-FOURNEAU DE NIEDERBRONN,

PAR M. FLACHAT. — (FIG. 7, 8 ET 9, PL. 7).

M. E. Flachat, que nous avons déjà eu l'occasion de citer comme ingénieur distingué, qui s'est beaucoup occupé de travaux métallurgiques, construisit aussi en 1837, à l'un des hauts-fourneaux de Niederbronn, un appareil propre à utiliser la chaleur fournie par les gaz sortant du gueulard. Il s'est proposé de chauffer une chaudière à vapeur capable d'alimenter une machine à deux cylindres de la force de 18 à 20 chevaux. Quoiqu'il ait déjà été publié dans les Annales des mines deux mémoires fort intéressants dont l'un date de 1838, par M. Robin, directeur des forges de Niederbronn, et l'autre, de 1840, par M. Flachat lui-même, nous avons pensé qu'il n'en serait pas moins intéressant pour un grand nombre de nos lecteurs, d'avoir aussi une idée de la disposition qui a été adoptée dans cette

usine. Le gueulard du haut-fourneau est surmonté d'une cheminée cylindrique en briques B, qui, à sa partie supérieure est munie d'un registre en fonte *b* que l'on peut ouvrir ou fermer plus ou moins pour donner entièrement issue aux gaz ou régler la quantité de ceux-qui doivent passer sous la chaudière. Une ouverture latérale qui n'a pas moins de 0m 85 de largeur, est pratiquée dans la cheminée B, pour pouvoir faire les chargements; on la ferme par une porte en tôle ou en fonte, au bas de laquelle est un orifice rectangulaire que l'on règle à volonté, et qui laisse passer l'air extérieur nécessaire à la combustion des gaz.

On voit sur le dessin, fig. 7 et 9, que l'on a disposé deux chaudières à côté du haut-fourneau; mais il est bon de remarquer qu'elles ne fonctionnent pas en même temps : la capacité de chacune d'elles est suffisante pour l'alimentation de la machine à vapeur. On a cru devoir le faire par prévoyance, pour éviter toute cause de chômage. Elles peuvent être alternativement chauffées par les gaz enflammés du gueulard, lorsqu'on ouvre le registre *d* qui se manœuvre verticalement. La flamme chauffe d'abord les bouilleurs E, qui sont séparés de la chaudière par une épaisseur de briques (voyez fig. 7 et 8); elle passe ensuite sous la chaudière G, dont la moitié inférieure est exposée à son action, puis elle se dégage dans la cheminée en tôle I qui a environ 6m 50 de hauteur. Un registre vertical A, placé au bout du carneau, vers le pied de cette cheminée, en règle le tirage.

Sous chaque chaudière on a aussi placé une grille de recours J, pour la chaufferie, lorsque le fourneau est mis hors. Ce foyer accessoire est complètement fermé sur le devant par une porte en fonte K.

La vapeur de l'une ou de l'autre des chaudières se rend aux cylindres de la machine qui est placée au bas du haut-fourneau, par un tuyau en cuivre de 0m 10 de diamètre intérieur.

Pour compléter les renseignements sur cet appareil, et en général sur l'utilisation de la chaleur perdue des hauts-fourneaux, nous allons donner un résumé des résultats mentionnés dans le mémoire de M. Flachat :

Le diamètre du grand cylindre de la machine est	de 0m 502
La course de son piston.......................	de 1 230
Le diamètre du petit cylindre.................	de 0 329
Et la course de son piston....................	de 0 887

La vapeur qui entre dans le petit cylindre se détend dans le grand, et on trouve que le rapport de la détente est de 1 à 3,2 ou environ 1/3.

La surface de chauffe de la chaudière et de ses deux bouilleurs est de 27 mètres quarrés.

Le cylindre de la soufflerie a les dimensions suivantes :

Son diamètre intérieur est de 1m 40
La course de son piston, 1m 23

Lorsque cette soufflerie marche pour le haut-fourneau seul, la manivelle fait 7^t5 par 1′, la vitesse du piston est alors de 0^m308 par 1′, et le volume d'air lancé hors du cylindre soufflant est de

$$1^{m.c.}903 \times 2 \times 7,5 = 28^{m.c.}545 \text{ par } 1'.$$

La pression du vent sur le piston indiquée au manomètre

$$= 0^m055 \text{ de mercure, ou } 0^m748 \text{ d'eau.}$$

Ainsi la pression sur le piston peut être assimilée à une colonne d'eau de 0^m748 de hauteur, ayant pour base la surface de ce piston, et dont le poids

$$= 1^{m.q.}539 \times 0,748 \times 1000^k = 1152^k,$$

et sa vitesse étant de 0^m308 par 1″, le travail utile, pour lancer la quantité d'air ci-dessus,

$$= \frac{1152 \times 0^m308}{75} = 4,73 \text{ chevaux.}$$

Pendant 38 minutes de marche continuelle, la flamme du gueulard a développé la quantité de calories suivantes :

1° Formation de la vapeur consommée par la machine...	27,090 cal.
2° Élévation de pression de la vapeur contenue dans la chaudière et les tuyaux de conduite........................	650 »
3° Élévation de température de la masse d'eau contenue dans la chaudière....................................	82,730 »
4° Élévation de température de l'eau d'alimentation....	38,252 »
5° Élévation de température de la chaudière et de ses bouilleurs..	25,750 »
Total................	174,472 cal.

La quantité d'eau que cette chaleur peut vaporiser est de

$$\frac{174,472}{650} = 168^k4 \text{ en } 38', \text{ soit par } 1' = 7^k063.$$

Le travail théorique d'un kilog. de vapeur à la tension de $1^{at}75$, détendue de 1 à 3,2, étant de 39,385 kilogrammètres, le travail développé par les 7^k063 que la flamme peut vaporiser par 1′ est de

$$39,385 \times 7,063 = 278,176^{km.}$$

Or, un cheval-vapeur $= 4500^{km}$ par 1′, le travail produit par le gueulard est donc égal à $278,176 \div 4500 = 62$ chevaux environ.

Et en supposant le coefficient d'effet utile = 0,35 la force utilisée,

on a $62 \times 0{,}35 = 21{,}7$ chev.

La surface de chauffe de la chaudière = 27 mètres quarrés, la quantité d'eau vaporisée par heure et par mètre quarré est de :

$$\frac{7{,}063 \times 60}{27} = 15^{k}7.$$

La charge du fourneau = $16^{m.c.}5$ de charbon par 24 heures; le mètre cube pesant 210^{k}, la consommation de charbon dans le fourneau serait

$$\frac{16{,}5 \times 210}{24} = 144^{k} \text{ par heure,}$$

et la production de la vapeur $= \frac{7{,}063 \times 60}{144{,}4} = 2{,}66$ par kilog. de charbon de bois; 1 kil. de ce charbon pouvant développer 7200 calories, peut produire à peu près

$$\frac{7200}{650} = 11^{k} \text{ de vapeur.}$$

Ainsi, la quantité de chaleur développée par la flamme du gueulard n'est que les 0,242 de celle qui est produite par la masse du charbon introduit dans le haut-fourneau.

SYSTÈME DE M. ROBIN.

M. Robin, qui eut l'occasion d'étudier d'une manière toute particulière les diverses applications faites pour utiliser les flammes perdues des hauts-fourneaux, comprit qu'on pourrait, au lieu d'enflammer les gaz immédiatement à la sortie du gueulard, les recueillir dans des tuyaux, pour les conduire ensuite dans toute espèce d'appareils où on les brûlerait.

Le 8 mars 1838, il demanda donc un brevet d'invention de 15 ans, qui lui fut délivré le 18 avril suivant, pour *un nouveau mode de consumer dans les appareils chauffés des forges, le gaz retiré non brûlé et non décomposé des gueulards des hauts-fourneaux, après l'avoir transporté à distance jusque dans ces appareils au moyen de conduits fermés.*

Son procédé consiste à pratiquer latéralement vers le sommet du gueulard une ouverture pour y adapter un tuyau qui reçoit les gaz et qui les conduit, soit directement à la tuyère du haut-fourneau, où ils se trouvent seulement alors en contact avec le courant d'air venant de la machine soufflante, soit indirectement aux tuyères d'autres hauts-fourneaux, soit aussi dans des fours à réverbère, à puddler ou à réchauffer, ou enfin, dans des foyers de chaudières à vapeur.

Plusieurs applications de ce système ont été faites avec succès, dans diverses usines, entre autres au haut fourneau de MM. Dietrich à Zinswiller, pour lequel ces constructeurs ont établi une machine à vapeur qui fait marcher la soufflerie. La chaudière de cette machine, placée directement sur le sol même de l'usine, est ainsi chauffée par les gaz amenés du gueulard. M. Robin vient également d'établir son système à l'usine de Terre-Noire.

PROCÉDÉ DE M. DE FABRE-DUFAURE.

Le directeur des usines à fer de Wasseralfingen (Wurtemberg), M. de Fabre-Dufaure, est parvenu à recueillir les gaz au-dessus du gueulard des hauts-fourneaux pour en faire directement l'application, comme combustible, dans les foyers d'affinerie, les fours à puddler et à réchauffer.

Son procédé consiste non-seulement dans le mode suivant lequel les gaz sont brûlés par leur contact avec un courant d'air provenant de soufflets, mais encore dans la disposition particulière des fours et foyers.

De l'un des hauts-fourneaux de Wasseralfingen, l'auteur a emprunté les gaz nécessaires pour faire marcher un four de finerie. A cet effet, il a introduit un tuyau à une certaine profondeur dans la cuve du haut-fourneau. On aspire ainsi 1/6 à 1/5 seulement de tout le gaz produit, et il paraît qu'il n'en résulte pas pour cela une réduction sensible dans l'énergie de la flamme qui s'échappe du gueulard.

M. Parrot, ingénieur des mines, et associé de M. de Fabre-Dufaure, s'occupe en ce moment de monter des appareils, d'après ce nouveau procédé, dans les usines d'Audincourt et de Belle-Fontaine, appartenant à MM. Japy, habiles manufacturiers, qui, avec un désintéressement vraiment digne d'éloges, veulent bien mettre à notre disposition la communication des machines nouvelles qu'ils introduisent à grands frais dans leurs usines.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 7.

Fig. 1. Coupe verticale par l'axe du haut-fourneau et de la chaudière appliquée par MM. Laurens et Thomas. Cette coupe est faite suivant la ligne brisée 1-2-3 du plan.

Fig. 2. Section horizontale faite au-dessus du gueulard, à la hauteur de la ligne 4-5. Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/80 ou 0,0125 pour mètre.

La fig. 3 représente l'un de ses barreaux inclinés, en coupe verticale faite par son milieu.

La fig. 4 est une coupe horizontale faite vers le milieu de sa hauteur.

La fig. 5 est une section transversale de tout le foyer suivant la ligne 6-7.

La fig. 6 est un plan de la plaque de fonte *c*, sur laquelle sont fixés les treize barreaux creux.

Ces quatre figures sont représentées à l'échelle de 1/20 ou 5 centimètres pour mètre.

Les fig. 7, 8 et 9 représentent, à l'échelle de deux centimètres pour mètre, une autre application faite par M. Flachat sur l'emploi de la chaleur perdue du haut-fourneau de Niederbronn.

La fig. 7 est une coupe transversale de l'appareil des chaudières, faite suivant la ligne brisée 8-9-10-11 du plan fig. 9.

La fig. 8 est une coupe longitudinale passant par l'axe du haut-fourneau, suivant la ligne 12-13, et par le milieu de l'une des chaudières, suivant la ligne 14-15, celle-ci n'étant pas coupée.

La fig. 9 est une double section horizontale de l'ensemble des fourneaux des deux chaudières, l'une à la hauteur de la ligne 16-17 (fig. 7), et l'autre à la hauteur de la ligne 18-19. Dans l'un comme dans l'autre, la chaudière ni les bouilleurs ne sont coupés.

ÉTUDES SUR LES MACHINES A VAPEUR,

ET RECHERCHES SUR LE MOMENT D'INERTIE QU'IL CONVIENT DE DONNER AU VOLANT DES DIVERS SYSTÈMES DE MACHINES A VAPEUR,

PAR M. ARTHUR MORIN (1).

Les études dont je soumets aujourd'hui quelques fragments au jugement de l'Académie, dit l'auteur, sont partagées en quatre parties.

Dans la première, je fais voir, par l'examen et le relèvement des courbes de pression obtenues avec l'indicateur de Watt, à Indret et à Toulon, et avec celui que j'ai fait construire sur des machines établies à Amiens et à Paris (voy. les tracés et détails de ces indicateurs t. III de ce Recueil) :

1° Que, malgré la diversité des modes de communication du mouvement aux soupapes distributives en usage dans les machines bien réglées, la pression qui s'établit dans le cylindre, pendant l'admission de la vapeur, est sensiblement constante, et que, pour obtenir cette pression constante dès l'origine de la course du piston, il suffit et il est nécessaire de donner un peu d'avance à l'admission ;

2° Que, dans les machines bien proportionnées, c'est-à-dire dans celles dont les orifices, tuyaux, etc., ont une section dont l'aire est 1/25 environ de celle du piston pour les machines à basse pression, et 1/18 à 1/20 ou même moins pour celles à haute pression, marchant à orifices complétement ouverts, à une vitesse du piston comprise entre 0m 80 et 1m 50 en 1 seconde la pression dans le cylindre diffère peu de celle de la chaudière ;

3° Qu'il importe beaucoup de donner, par une réglementation convenable des tiroirs, une certaine avance à l'émission, afin de diminuer, dès

(1) Tiré d'un mémoire présenté par l'auteur à l'Académie des sciences. On peut voir pour les détails sur les machines à vapeur à détente, celle à condensation de M. Farcot, publiée dans le tome III de ce Recueil, et le système de M. Trésel, tome IV.

les premiers instants de la course, la pression résistante : cette nécessité a d'ailleurs été depuis longtemps signalée par M. Rœsch et par d'autres ingénieurs, et l'on y satisfait généralement aujourd'hui dans les machines bien réglées;

4° Que, pour les détentes ordinairement employées dans les machines, et qui dépassent et atteignent même rarement la proportion de 1/6, le travail de la détente, estimé par la loi de Mariotte, excède généralement un peu de travail réel, mais d'une quantité assez faible, tandis que, pour des détentes très-prolongées, la loi de Mariotte donne des résultats un peu plus faibles que ceux de l'expérience. Quant aux autres lois proposées, dans les détentes prolongées, elles s'éloignent beaucoup plus encore des pressions réelles que la loi de Mariotte.

La deuxième partie contient l'application de la théorie du mouvement des fluides dans les tuyaux de conduite à la circulation de la vapeur à travers les tuyaux, passages et orifices qu'elle parcourt, en tenant compte de toutes les pertes de force vive qu'elle éprouve par l'effet des étranglements et élargissements, et du travail consommé par la résistance des parois.

L'application à différents cas, comparée aux résultats des expériences directes, montre que les formules représentent les effets produits avec une exactitude suffisante pour la pratique.

Dans la troisième partie, la discussion d'un grand nombre d'expériences exécutées par la société industrielle de Mulhouse, par des ingénieurs, pour des réceptions de machines, et par moi-même, montre que les formules données en 1826, à l'école de Metz, par M. Poncelet, modifiées par les coefficients de correction insérés dans la lithographie de ses leçons, représentent, avec toute l'exactitude nécessaire, les effets utiles observés.

Enfin, dans la quatrième partie, la discussion des règles suivies par les constructeurs prouve que ces règles sont d'accord avec les formules modifiées par un coefficient constant pour chaque genre de machine, mais que la prudence engage à prendre plus faible que le rapport des effets réels aux effets théoriques, afin de faire une part suffisante aux défauts d'entretien.

En résumé, il suit de ces recherches que, par l'observation directe, par la théorie du mouvement des fluides, par les résultats des expériences au frein, par la discussion des proportions adoptées par les constructeurs, les bases des formules citées, ainsi que leur emploi à l'aide de coefficients constants, ou à peu près tels, sont suffisamment justifiées, et qu'il n'y a aucune raison de substituer, à ces règles simples et d'une application facile, d'autres méthodes qui exigent l'observation de données très-difficiles à déterminer directement avec exactitude.

Je donne la solution de ce problème pour tous les systèmes de machines fixes en usage, et pour le cas des manivelles doubles ou triples.

(Académie des sciences.)

MACHINE

POUR PERCER LA TOLE ET AUTRES MÉTAUX

AVEC UN CHARIOT HORIZONTAL

ÉTABLIE A L'USINE IMPÉRIALE D'INDRET, PRÈS NANTES

PAR

M. Ph. GENGEMBRE

(PLANCHE 8)

Cette machine est de la composition de M. Ph. Gengembre (1), ancien directeur de l'usine impériale d'Indret; elle est remarquable autant par la simplicité et la bonté de sa construction, que par les utiles services qu'elle peut rendre dans les ateliers. L'application du chariot mobile que ce praticien éclairé a su, des premiers, adapter à cet appareil, le rend très-avantageux sous le rapport du travail qui, dans la fabrication des chaudières, peut se faire avec plus de célérité et d'économie. Les hommes qui la conduisent ont moins de peine que dans les machines à percer employées jusqu'ici, et dans lesquelles les feuilles de tôle sont amenées, à la main, sous l'action du poinçon.

M. Gengembre a ainsi connu et mis à exécution plusieurs outils qui fonctionnent à l'usine d'Indret, que l'on regarde aujourd'hui comme le premier établissement de l'État, pour la construction des grandes machines. On lui doit également la composition de plusieurs grands bateaux à vapeur qu'il a construits pour le gouvernement, et sur lesquels nous nous proposons de donner un article prochainement.

La machine à percer que nous allons décrire est d'autant plus intéressante qu'elle ne s'applique pas seulement au poinçonnage de la tôle et du

(1) Cet habile mécanicien, dont nous avons malheureusement à regretter la perte, s'est constamment occupé, pendant sa longue carrière, de la construction des machines, avec un zèle et un dévouement vraiment dignes d'éloges. D'un esprit inventif et porté vers le progrès, M. Ph. Gengembre a doté son pays de plusieurs machines importantes. D'abord ingénieur-mécanicien de la Monnaie de Paris, puis directeur de l'usine d'Indret, il n'a cessé, on peut le dire, de rendre des services à l'industrie, soit par des perfectionnements, soit par des découvertes. Plein d'ardeur et d'activité, huit jours avant de descendre dans la tombe, il étudiait encore, à l'âge de soixante-treize ans, un nouveau projet d'appareil pour bateau à vapeur, et en traçait les détails à l'échelle sur le papier, de sa propre main.

cuivre employé dans la chaudronnerie, mais encore à celui de toute pièce de métal dont l'épaisseur n'est pas de plus de 18 à 20 millimètres. Elle marche par un moteur continu, et avec l'addition d'un frein qui est appliqué à la circonférence même du volant; il en résulte que le mouvement en peut être suspendu presque aussi rapidement qu'il est matériellement possible de le faire.

EXPLICATION DE LA MACHINE A PERCER ET DE SON CHARIOT.

PLANCHE 8.

Du poinçon et de son mouvement. — En général, les trous que l'on a à percer dans les pièces de métal sont cylindriques et à base circulaire, le poinçon doit donc être de même forme et d'une longueur suffisante pour traverser toute l'épaisseur de la pièce; tel est celui représenté en *l* sur les fig. 1 et 3 de la pl. 8 et sur les détails fig. 6 et 8. Il est de toute nécessité qu'il soit en acier trempé, après avoir été tourné avec précision; ajusté dans le bas d'un porte-poinçon à coulisse en fonte M, il peut en être chassé avec facilité, au moyen d'un repoussoir que l'on introduit par une entaille étroite pratiquée immédiatement au-dessus de lui. Le diamètre du poinçon varie depuis 10 millimètres jusqu'à 4 centimètres, et l'épaisseur du métal qu'il traverse, depuis 4 à 5 millimètres jusqu'à près de 2 centimètres; cette épaisseur doit être d'ailleurs en raison inverse du diamètre du trou. Nous avons eu des échantillons du travail de cette machine; ce sont des rondelles de 37 millimètres de diamètre et 7 millimètres d'épaisseur, obtenues dans la tôle de fer.

Le porte-poinçon est mobile entre deux coulisseaux aciérés *k*, qui, ajustés avec soin dans le cadre en fonte N, y sont retenus par des vis taraudées dans leur épaisseur; et afin de régler leur parallélisme avec toute l'exactitude désirable et d'éviter aussi que le porte-poincon ne prenne du jeu dans ces coulisses, le constructeur a rapporté vers le haut et le bas de chacune deux vis buttantes qui sont taraudées de chaque côté du cadre, comme on le voit sur la fig. 6. Ce cadre est lui-même solidement assujéti par six boulons contre la face verticale dressée de la forte pièce de fonte A qui forme le bâti de la machine, et qui est assise sur un dé en pierre de taille élevé au-dessus d'un massif en maçonnerie (fig. 1). Sur la partie avancée à droite de ce bâti, immédiatement au-dessous du poinçon, est ajustée une bague en fer *n*, percée pour donner passage aux déchets; sur cette bague est placée la matrice en acier *m*, sur laquelle repose la feuille de métal à percer; elle y est retenue solidement par une bride en fer *o*, que l'on serre à volonté par quatre boulons, et qu'il suffit d'enlever, lorsqu'on veut remplacer la matrice, par une autre d'une ouverture plus petite ou plus grande.

Dans la partie supérieure du porte-poinçon est ajusté un coussinet en

acier *i*, maintenu entre deux platines en fer *j* qui sont boulonnées de chaque côté, comme l'indique la coupe verticale fig. 1, et celle détaillée fig. 8. Ce coussinet d'acier doit recevoir le bout cylindrique d'une courte bielle en fer L, qui doit transmettre au porte-poinçon un mouvement vertical alternatif. Le goujon en fer *h*, qui dépasse de chaque côté de cette extrémité, est ajusté dans les platines, afin que pendant l'ascension de la bielle, le porte-poinçon se trouve entraîné et s'élève avec elle. Mais lorsqu'elle descend, c'est le coussinet qui reçoit toute la pression, les platines ne fatiguent pas. La tête de cette bielle forme une bague cylindrique en deux parties assemblées par des vis et, enveloppant exactement la partie extrême et excentrée de l'arbre de couche K. L'excentricité de cette partie est très-petite, elle est calculée sur la plus grande course que doit avoir le poinçon; dans la machine de M. Gengembre, cette course est environ de 45 millimètres. On sait qu'il faut toujours lui faire parcourir une hauteur plus grande que l'épaisseur du métal, pour, d'une part, donner le temps à l'ouvrier de changer la feuille de cuivre ou de tôle à percer, et d'un autre côté lui permettre de voir les points qu'il doit percer.

L'arbre de couche K est en fer de 11 centimètres de diamètre; il est porté par des coussinets ajustés sur les parties élevées du bâti A; des chapeaux en fer *g*, les recouvrent et sont boulonnés sur ces parties. Au bout opposé à celui qui forme excentrique ou manivelle, est montée une grande roue droite en fonte J de 0m951 de diamètre, et à forte denture; elle est commandée par un pignon I, qui ne porte que 22 dents et 0m349 de diamètre primitif. Ces dentures ont donc environ 25 millimètres d'épaisseur, et leur largeur n'est pas moins de 11 centimètres. Le pignon I est monté sur l'arbre moteur B, qui est en fer comme le précédent, et porte de plus le volant H, fondu d'une pièce, et les deux poulies tournées D D′, dont une folle. Le diamètre de ces dernières est de 0m880, la largeur de leur jante est de 0m125; elles reçoivent leur mouvement d'un tambour de même diamètre, mais d'une largeur double, et qui est mû par la machine à vapeur, moteur de l'atelier dans lequel l'appareil fonctionne.

Les tourillons de l'arbre B sont mobiles dans des coussinets en bronze qui ont été ajustés sur des paliers en fonte *a*, dont l'un est boulonné sur une partie avancée du bâti A, et l'autre sur une forte chaise en fonte C, à oreille, et à nervure, assujétie par quatre boulons à écrou sur un second dé en pierre, qui l'élève à la hauteur convenable au-dessus du sol de l'atelier

Système d'embrayage et de frein appliqué a l'appareil. — M. Gengembre a bien compris d'avance, en projetant l'exécution de cette machine, qu'il ne pourrait y appliquer une simple fourchette comme on le fait assez généralement, pour faire passer la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle. La largeur de cette courroie étant très-grande, car elle est environ de 0m120 à la partie qui enveloppe la poulie, on conçoit que la pression sur cette dernière, lorsqu'elle travaille, est considérable : un homme aurait donc de la difficulté à débrayer en agissant par une simple manivelle ou poi-

gnée sur la fourchette. Le constructeur l'a prévu et a voulu l'éviter, en adaptant à un support en fonte G, qui vient se boulonner contre le second dé en pierre, une crémaillère ou règle dentée F à l'extrémité de laquelle est la fourchette de débrayage E, qui forme une espèce de bague oblongue presque entièrement fermée. Un pignon droit *c* qui fait corps avec une manivelle placée sur un petit axe incliné, engrène avec la crémaillère, et la fait marcher soit à droite, soit à gauche. Cette disposition a un second avantage, c'est celui d'être sûr de maintenir la courroie dans la position qu'on veut lui faire occuper, sans crainte que dans le mouvement elle ne puisse glisser d'une poulie à l'autre.

Mais lorsqu'on veut arrêter la machine, il importe souvent, surtout pour de certains percements, d'interrompre la marche du poinçon presque subitement, sans quoi on risquerait de percer des trous qui ne seraient pas exactement à leur place. Or, on sait bien que, tout en faisant passer la courroie de la poulie fixe à la poulie folle, le mouvement ne serait pas immédiatement arrêté pour cela, à cause de l'inertie du volant qui est capable de le faire continuer pendant quelques instants, et par conséquent d'entraîner les arbres B et K dans sa rotation. L'auteur a également prévu cet inconvénient, et, pour l'éviter, il a appliqué à la circonférence même du volant un frein, composé d'une lame d'acier *d*, qui, d'un bout est fixée au sommet d'une petite colonne *f*, et, de l'autre, est assemblée à charnière au bout d'un levier en fer *e* terminé par une pédale, et qui a son point d'appui sur une colonnette semblable, mais plus courte que la précédente. En mettant le pied sur cette pédale, on fait appuyer le frein sur la circonférence du volant, et on sait qu'avec un tel moyen de frottement on est capable d'arrêter un effort considérable.

Du chariot qui porte les feuilles de métal a percer. — Lorsqu'on est obligé de transporter, à bras d'hommes, les feuilles de forte tôle ou de cuivre que l'on veut soumettre à l'action de la machine, on perd souvent beaucoup de temps pour les varier successivement de place et reconnaître les points ou les marques qu'il importe de faire à l'avance. On conçoit qu'avec un chariot bien disposé on peut éviter bien des temps perdus, surtout lorsqu'on a à percer un grand nombre de trous qui doivent se trouver à égale distance. Sous ce point de vue, la machine de M. Gengembre est d'autant plus intéressante qu'il y a fait le premier l'application d'un chariot horizontal mobile qui peut, à l'aide d'un seul homme, transporter les feuilles sur toute leur longueur.

Ce chariot se compose d'une table en fonte Q, de $0^{m}10$ de longueur sur $1^{m}05$ de largeur, et sous laquelle sont ménagées des nervures ou saillies, dont les unes sont dressées en dessous pour glisser sur des galets cylindriques et verticaux *t*, et les autres sur le côté pour frotter contre des galets horizontaux *u*. L'objet de ces galets est de maintenir la table non-seulement dans une position parfaitement horizontale, mais encore dans une direction qui soit constamment rectiligne et perpendiculaire au plan vertical 1-2 qui

passe par l'axe de la machine. Sous les deux grands côtés de la table sont venues de fonte deux longues crémaillères *p*, qui engrènent avec les petits pignons droits en fer *q*, rapportés sur l'axe horizontal *r*, qui à l'extrémité, et en dehors du chariot, porte la manivelle *s* par laquelle on les fait marcher. Comme le pas de la denture des crémaillères est de 30 millimètres, on voit que si l'on voulait avoir un écartement de 0m06 entre chaque trou à percer, il faudrait faire tourner les pignons des deux bouts ; il pourrait arriver aussi que l'écartement fût ou plus grand ou plus petit d'une très-faible quantité ; il faudrait nécessairement indiquer d'avance la division sur une ligne passant par les centres des trous à percer, ou mieux avoir un cadran ou roue de division, telle que celle représentée en *v* (fig. 3), et qui permît avec un index de déterminer la distance exactement. On pourrait même avoir au besoin plusieurs cadrans de rechange, et qui seraient convenablement gradués pour pouvoir donner toute espèce de division.

La feuille de tôle ou de cuivre à percer se fixe sur les bords de la table avec des pinces. On a objecté que, dans certains cas, lorsque le poinçon remonte, la feuille se soulève avec lui, parce qu'il y reste accroché ; nous croyons que ce n'est pas une difficulté sérieuse, et d'ailleurs, ne pourrait-on pas, avec un système de petits rouleaux de pression qui viendraient s'appuyer sur la feuille au moment du poinçonnage, la maintenir assez solidement pour que cette espèce de soulèvement n'ait pas lieu ? Quoi qu'il en soit, on se sert avec avantage marqué, de l'appareil tel qu'il est représenté à l'usine d'Indret, et aujourd'hui chez M. Cavé qui a adopté une disposition analogue.

Les deux systèmes de galets *t* et *u*, sont portés par de petits supports montés sur un châssis fixe en fonte O, qui est élevé au-dessus du sol de l'atelier par six colonnes P, de 0m60 de hauteur, et fondues creuses, pour être traversées par des boulons qui les assujétissent sur des pierres de taille.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 8.

Fig. 1. Coupe verticale de la machine faite suivant la ligne 1-2 du plan général fig. 2.

Fig. 3. Vue de face du côté du chariot qui porte la tôle à percer.

Ces fig. sont dessinées à l'échelle de 5 centimètres pour mètre.

Fig. 4 et 5. Détails en élévation de la bielle qui transmet un mouvement vertical au poinçon.

Fig. 6 et 7. Vue de face et plan du porte-poinçon et des coulisseaux dans lesquels il se meut.

Fig. 8. Coupe transversale par l'axe de ce porte-poinçon.

INDUSTRIE AGRICOLE

Engrais. — M. Payen, professeur de chimie organique, au Conservatoire des arts et métiers, a donné dans l'une de ses intéressantes leçons, un tableau fort curieux sur les équivalents des engrais; nous avons pensé qu'il pourrait être vu avec intérêt par plusieurs de nos lecteurs.

Il a été reconnu, suivant cet habile chimiste, qu'il fallait 40 kilogrammes de gaz azote pour opérer la fumure normale d'un hectare de terre. Or, 10,000 kilogrammes de fumier de ferme contiennent environ, d'après les expériences $41^{k}9$ d'azote; cette quantité prise pour base, est donc convenable pour fumer une telle superficie. D'après cela, pour établir, selon les localités et les produits, la quantité et par suite le prix de revient des engrais, M. Payen a formé le tableau suivant, contenant un très-grand nombre de substances différentes qui sont ou peuvent être employées pour la fumure des terres.

La première colonne du tableau désigne ces diverses substances.

La seconde fait voir la quantité d'azote contenue dans 1000 kilogrammes de la substance soumise à l'expérience.

Et la troisième colonne détermine, comme conséquence, le nombre de kilogram. de la substance nécessaire pour la fumure d'un hectare de terre.

Ainsi les touraillons, qui, comme on le sait, ne sont autres que les résidus ou les raincelles de l'orge employé dans les brasseries, contiennent 45,1 (pour 1000) d'azote. Or, puisqu'il faut 40 kil. de ce gaz pour fumer un hectare de terre, il en résulte que, si on veut opérer la fumure avec des touraillons, il en faudra 887 kilogrammes, car on a la proportion :

$$45,1 : 40 :: 1000 : x,$$

$$\text{d'où } x = \frac{400000}{45,1} = 887 \text{ kil.}$$

Par conséquent, on peut dire que 887 kil. de touraillons employés comme fumure de terres, seront équivalents à 10000 kil. de fumier de ferme.

On trouvera de même que l'équivalent de cet engrais, en marc de raisin, devrait être de 2185 kilog.; car on voit par le tableau que 1000 kil. de ce marc contiennent $18^{k}3$ d'azote, donc

$$18,3 : 40 :: 1000 : x,$$

$$\text{d'où } x = \frac{4000}{18,3} = 2185.$$

D'après cela, on voit combien il est facile à un agriculteur de se rendre compte du prix de revient des engrais qu'il emploiera pour fumer ses terres, et quels sont ceux qu'il pourra choisir de préférence pour obtenir les mêmes résultats avec le plus d'économie.

TABLEAU DES ÉQUIVALENTS DES ENGRAIS.

SUBSTANCES.	AZOTE pour 1000.	ÉQUIVALENTS.
		kil.
Fumier de ferme	4.0	10.000
Paille de… Pois	17.9	2.233
Paille de… Millet	7.8	5.125
Paille de… Sarrasin	4.8	8.233
Paille de… Lentilles	10.1	3.960
Paille de… Avoine	2.8	14.285
Paille de… Orge	2.3	17.390
Paille de… Seigle	1.7	23.529
Paille de… Froment	4.9	8.160
Pailles, partie inférieure	4.1	9.750
— partie supérieure	13.3	3.000
— de froment	8.5	4.700
Tiges sèches de topinambourg.	3.7	10.800
Fanes de… Madia	5.7	7.010
Fanes de… Betteraves	5.0	8.000
Fanes de… Pommes de terre	5.5	7.272
Fanes de… Carottes	8.5	4.700
Herbes de prairies (graminées)	5.3	7.547
Genêts, tiges, feuilles	12.2	3.278
Feuilles d'automne. Chêne	11.7	2.777
Feuilles d'automne. Peuplier	5.3	7.434
Feuilles d'automne. Acacia	»	»
Feuilles d'automne. Bruyère	17.4	2.290
Fucus digitatus	8.6	4.650
— —	9.5	4.211
Scarinus secs	13.8	2.890
— —	5.4	7.400
Touraillons	45.1	887
Racines de trèfle	1.6	24.800
Graines de lupin	34.9	1.146
Marc de raisin	18.3	2.185
Pulpes de betteraves sèches	11.4	3.500
— — pressées.	3.8	10.580
Écume (Vigneux)	5.3	7.463
Tourteaux de Lin	52.0	769
Tourteaux de Colza	49.2	813
Tourteaux de Madia	50.6	790
Tourteaux de Épuration (sciure)	5.4	7.497
Tourteaux de Graisse	35.4	1.130
Tourteaux de Coton	40.2	993
Pulpes de pommes de terre	6.3	7.600
Suc	3.8	10.630
Eaux de féculeries	0.6	64.518
Dépôt	3.6	11.110
Sec	15.4	2.450
Eaux de fumier, lavage, pluie.	0.59	67.439
Sciure de… Acacia	2.9	13.790
Sciure de… Chêne	5.4	7.400

SUBSTANCES.	AZOTE pour 1000.	ÉQUIVALENTS.
		kil.
Excréments solides de. Vache	3.2	12.500
Excréments solides de. Cheval	5.5	7.270
Urines de .. Vache	4.4	9.090
Urines de .. Cheval	2.6	15.300
Excréments mixtes de . Vache	4.1	9.750
Excréments mixtes de . Cheval	7.4	5.400
Excréments mixtes de . Porcs	6.5	6.340
Excréments mixtes de . Moutons	11.1	3.600
Excréments mixtes de . Chèvres	21.6	1.850
Guano normal	49.7	480
Une extraction par tamisage	53.9	744
Colombine	83.0	480
Litière de vers à soie	32.9	1.213
Chrysalides	19.4	2.061
Engrais flamands liquides	1.9	21.050
— — —	2.2	18.180
Poudrettes Belloni	38.5	1.030
— Montfaucon	15.6	2.560
Coquilles d'huîtres	3.2	12.500
Suie Houille	13.5	2.962
Suie Bois	11.5	3.478
Vase de rivière (Morlaix)	4.0	10.100
Merl	5.1	7.840
Cendres de Picardie	6.5	6.150
Chair musculaire sèche	130.4	306
Morue salée	67.0	597
— lavée, pressée	168.6	237
Sang Sec soluble	121.6	328
Sang Liquide	27.1	1.474
Sang Coagulé, pressé	45.1	886
Sang Insoluble sec	148.7	269
Plumes	153.4	260
Poils de bœuf	137.8	290
Chiffons de laine	179.8	222
Râpure de corne	143.6	278
Hannetons	32.1	1.270
Os Fondus	70.2	570
Os Humides	53.1	574
Os Gras	62.1	643
Résidus, colle d'os	5.2	7.575
Marcs, colle	37.3	1.080
Pain creton	118.7	336
Noir de raffinerie	10.6	3.770
— — 0.2		
animalisé	10.9	3.669
— — 0.2		
Terres, état sec. des camps	12.4	3.220
Terres, état sec. Limagne	3.2	12.618
Terres, état sec. Marville	2.2	18.274
Terres, état sec. Boulbène (H.-Garonne)	0.7	53.472

DU MEILLEUR EMPLOI DES FUMIERS.

L'emploi des fumiers, immédiatement après leur sortie des étables, est incontestablement le plus avantageux, quand le sol permet de le faire. Alors, ces fumiers contiennent une quantité considérable de parties animales qui s'évaporent promptement. Les fumiers, soumis à la décomposition par leur exposition au grand air, en tas, perdent bientôt, par l'évaporation des sels, une partie considérable de leur volume primitif; de sorte qu'après leur consommation ils couvrent à peine la moitié de l'étendue qu'ils auraient couverte auparavant.

Les fumiers employés au sortir des étables offrent d'abord l'avantage d'utiliser les urines et autres matières animalisées, puis celui de couvrir une plus grande étendue de terrain; enfin, celui d'obtenir des parties les plus grossières qui en composent la masse, une décomposition graduelle mieux appropriée aux besoins successifs de la terre et des plantes. Des expériences comparatives, faites le même jour, sur la même terre, avec la même espèce de fumier, ont donné les résultats suivants :

La partie engraissée avec du fumier consommé donna, la première année, des produits plus abondants, il est vrai; mais la seconde année, la partie engraissée avec du fumier frais l'emportait par la beauté de sa récolte.

Cela s'explique comme suit : la première récolte donnée par le fumier frais n'avait employé à son développement que les parties animalisées en contact avec les plantes; cependant la récolte était très-satisfaisante. Mais la masse principale du fumier restée dans le sol, ayant, la seconde année, atteint à peu près le même degré de décomposition que le fumier consommé mis la première année dans l'autre partie de la terre, il arriva que ce fumier frais donna, à la seconde année, des produits égaux à ceux obtenus, la première année, par le fumier consommé. Et, comme cette deuxième récolte n'avait pas épuisé les éléments du fumier frais, il a encore offert, la troisième année, des produits supérieurs à ceux obtenus par le fumier consommé dont l'action est totalement perdue.

Voilà déjà une notable différence entre les produits du fumier frais et ceux du fumier consommé. Mais cette différence est bien plus grande qu'elle ne paraît, si l'on considère que la terre, soumise à l'expérience ci-dessus, a reçu, dans toute son étendue, le même volume de fumier, de manière que la partie de terre qui avait reçu le fumier frais n'avait eu réellement qu'à peu près la moitié de la quantité répandue sur l'autre. Il est évident que le fumier consommé avait perdu dans sa décomposition la moitié environ de son volume primitif; qu'alors ce fumier consommé représentait une quantité double de fumier frais.

Ainsi donc, à volume égal, on peut dire qu'une terre fécondée avec du fumier frais n'emploie réellement que la moitié à peu près de la quantité que reçoit celle qui l'est avec du fumier consommé. On ne peut donc fertiliser ainsi une étendue double au moins qu'avec le fumier consommé.

Maintenant, s'il est vrai que l'emploi des fumiers longs, au sortir de

l'étable, assure au cultivateur des produits bien supérieurs à ceux qu'il obtenait avec ses fumiers consommés, peut-il les employer toujours et partout aussi avantageusement?

Nous croyons qu'il ne pourrait sans danger le faire sur des terrains légers, sablonneux, parce que les eaux, pénétrant toujours à une grande profondeur, entraîneraient dans le sous-sol les parties les plus fines de l'engrais, qui seraient ainsi perdues pour la végétation.

Il faut, au contraire, à des terres trop divisées, des fumiers gras, onctueux, qui les lient, leur donnent de la consistance et fixent à la portée des plantes les principes élémentaires qu'elles exigent. Ces terres légères, ainsi bien engraissées et bien traitées, acquièrent une fertilité satisfaisante, tandis que les fumiers pailleux en augmenteraient la légèreté et les exposeraient davantage à l'action funeste de la chaleur et du hâle.

Mais il en est tout autrement des terres fortes, compactes, tenaces, et de toutes celles qui, au retour des chaleurs, se durcissent à la surface. L'expérience fait, selon nous, au cultivateur une loi d'employer toujours ses fumiers immédiatement à leur sortie des étables, soit à la préparation, soit à l'ensemencement de ces sortes de terres.

Ainsi employés, les fumiers les divisent, les ameublissent et facilitent l'évacuation des eaux qui leur sont principalement funestes, et les ouvrent aux émanations fertilisantes de l'atmosphère.

Enfin, les principes fécondants, fixés dans le sol à la portée des plantes y seront toujours utilisés à leur profit.

Il suivrait de ceci qu'il pourrait en être autrement des terres de moyenne force, qui ont le degré de profondeur, de fraîcheur et de consistance convenables à la prospérité des végétaux. Comme il est essentiel de les maintenir toujours dans cet état, les fumiers arrivés à un certain degré de décomposition doivent être ceux qui leur conviennent davantage, attendu qu'ils n'apportent ainsi aucun changement sensible à leur consistance, et qu'ils augmentent plus sûrement et plus longtemps que les autres leur fécondité naturelle. En réduisant toutes les considérations précédentes à leur plus simple expression, il en résulterait :

1° Que les fumiers frais conviennent aux terres adhérentes, tenaces, compactes; qu'ils agissent sur elles à la fois comme engrais et comme amendement; et que, pour les utiliser avec plus d'avantages, il faut les employer immédiatement après leur sortie des étables;

2° Que les fumiers réduits à un état moyen de décomposition conviennent principalement aux terres de moyenne consistance, parce qu'ils y produisent des effets plus durables que les fumiers décomposés;

3° Que les fumiers gras et décomposés s'adaptent avantageusement aux sols légers dont ils corrigent l'incohérence, en leur conservant en même temps la fraîcheur nécessaire à la végétation.

Disons enfin que les fumiers frais s'appliquent encore en couverture, du 15 décembre au 15 février, aux ensemencements d'automne, mais surtout sur les prairies surnaturelles ou artificielles.

TOUR A CHARIOT ET A FILETER

CONSTRUIT

Par M. Jos. WHITWORTH, à Manchester

(PLANCHE 9)

M. Whitworth est aujourd'hui réputé comme l'un des meilleurs constructeurs anglais pour la fabrication des machines-outils. Les améliorations qu'il a apportées dans plusieurs d'entre elles, les font distinguer parmi celles des autres mécaniciens, et leur donnent un cachet particulier qu'on peut aisément reconnaître.

Le tour parallèle de sa construction, que nous allons décrire, présente diverses particularités très-remarquables, qui nous ont paru d'autant plus intéressantes, que cette machine est de tous les outils en général celle qui, on peut le dire, est susceptible de rendre les plus grands services.

Ce tour est disposé non-seulement pour tourner des surfaces cylindriques, l'outil avançant parallèlement à l'axe, mais encore pour dresser des surfaces planes, l'outil marchant perpendiculairement à cet axe ; dans l'un comme dans l'autre cas, le support à chariot marche par le mouvement imprimé à l'arbre du tour. Cette disposition est surtout avantageuse pour dresser des plateaux ou des disques de fonte, sans avoir recours à la main de l'homme, comme on est obligé de le faire dans les tours parallèles ordinaires ; il suffit de régler la position et la vitesse de l'outil, pour commencer l'opération qui se continue seule.

Le constructeur a aussi établi dans l'intérieur du banc une longue vis à laquelle il fait remplir deux fonctions distinctes, l'une comme la vis de rappel d'une machine à fileter, qui fait marcher le support à chariot par le mouvement qu'il reçoit de l'arbre de tour, l'autre, comme la crémaillère qui sert à changer rapidement à la main la position de ce support. On évite ainsi l'emploi de la crémaillère additionnelle qui se trouve dans les autres outils du même genre.

Cette machine n'est pas seulement destinée à tourner et à dresser des surfaces mais elle sert aussi à aléser des pièces intérieurement et à fileter des vis et des écrous de différentes dimensions. Elle peut encore, avec l'addition d'un mandrin universel que nous avons emprunté à l'un des tours parallèles de MM. Pihet et compagnie, permettre de faire des vis à plusieurs filets et servir aussi à effectuer, à la main, des cannelures sur des pièces cylindriques. On voit donc combien une telle machine doit être utile dans un atelier de construction, par les nombreuses applications auxquelles

on la rend propre par les diverses espèces de travaux qu'on peut lui faire faire. Ainsi, nous sommes persuadés qu'avant quelques années, elle sera répandue dans les plus petits comme dans les plus grands établissements; on la verra sous toutes les formes et dans toutes les dimensions, comme les machines à vapeur et les moteurs hydrauliques.

C'est une nécessité généralement sentie aujourd'hui, que, pour bien construire, bien fabriquer des machines, il faut travailler avec de bons outils, de bons instruments qui opèrent avec précision, célérité et économie. La vie de la plupart de nos ateliers de construction en dépend essentiellement.

Les tours parallèles se construisent maintenant sur les plus faibles comme sur les plus fortes dimensions, suivant les travaux auxquels on veut les appliquer. Celui que nous avons représenté sur la planche 9, est d'une dimension moyenne qui est le modèle le plus en usage et celui qui peut, en effet, rendre le plus de services dans le plus grand nombre d'établissements.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MACHINE. — PL. 9.

Banc du tour. — Dans un tour parallèle destiné non-seulement à tourner et à aléser, mais encore à fileter, et quelquefois même à canneler, il est de toute nécessité de faire le banc en fonte, sans quoi on ne serait jamais certain d'avoir une exactitude suffisante dans le travail. Celui du tour de Whitworth, que l'on voit en élévation sur la fig. 1, et en coupes verticales sur les fig. 3 et 4, est fondu d'une même pièce composée de deux flasques parallèles A, réunies par des traverses et par des jones à chaque extrémité. Le rebord supérieur de ces flasques forme une saillie angulaire latérale, qui a été préalablement dressée avec beaucoup de soin à la machine à raboter, afin de recevoir le support à chariot qui y doit glisser sur toute sa longueur dans une direction parallèle à l'axe du tour.

La plupart des tours à chariot ont leur banc composé, comme celui-ci, de deux flasques parallèles, mais, en général, leur rebord supérieur n'est pas disposé de même. Ainsi tantôt on remarque l'un des bords droit et dressé horizontalement seulement, et l'autre angulaire, dressé sur les deux faces inclinées et symétriques de chaque côté. La disposition adoptée par le constructeur anglais donne plus d'assise au support proportionnellement aux dimensions du tour, et présente de plus cet avantage, qu'en réglant le serrage sur le côté, pour éviter qu'il ne prenne du jeu, on ne dérange pas la hauteur du porte-outil, qui, dans le mode de construction ordinaire, doit nécessairement diminuer avec l'usure du support.

Ce banc repose, par ses deux extrémités seulement, sur deux forts pieds en fonte B, qui l'élèvent au-dessus du sol à la hauteur nécessaire pour qu'il se trouve à la portée de l'ouvrier. S'il avait une hauteur sensiblement plus grande, il serait nécessaire de le soutenir au milieu par un troisième pied.

Poupée fixe du tour. — La poupée fixe du tour est une chaise en fonte C, qui est assujétie par deux boulons à l'une des extrémités du banc; on a par avance pris les précautions nécessaires pour que l'axe de l'arbre

qui porte cette poupée soit exactement dans un plan parallèle à celui qui divise le banc en deux parties égales et symétriques dans le sens de sa longueur. Ces deux plans ne se confondent pas en un seul, comme on l'a généralement fait jusqu'ici. On voit par la vue de côté, fig. 2, que la ligne d'axe de l'arbre est rejetée un peu en arrière. M. Whitworth l'a ainsi disposée pour permettre à l'outil de travailler le moins possible en dehors du banc. On conçoit en effet que par la disposition ordinaire, si un banc de tour n'avait que 0m29 de largeur à l'extérieur des flasques, lorsqu'on aurait à tourner une pièce de 0m32 seulement de diamètre, la verticale abaissée de la pointe de l'outil passerait à l'extérieur du banc; il travaillerait donc en porte-à-faux. Dans la disposition de Whitworth, au contraire, par le même diamètre et la même largeur de banc, la verticale se trouve encore dans l'intérieur de celui-ci; et puisque les bords angulaires dressés du banc élargissent encore la base supérieure, c'est une raison de plus pour que le porte-outil soit bien assis.

La hauteur verticale de la poupée, mesurée depuis le centre de l'arbre jusqu'au plan horizontal du banc sur lequel elle repose, est de 0m256, la largeur de sa base est de 0m250, et sa longueur totale est de 0m640, c'est-à-dire deux fois et demie plus grande que la hauteur. Cette grande longueur présente non-seulement l'avantage de donner à la poupée une bonne assise, mais encore elle permet d'appliquer un certain nombre de poulies et d'engrenages, par lesquels on peut varier convenablement la vitesse du tour et celle de la pièce à travailler.

On voit en effet que sur l'arbre en fer D, qui est porté par les deux joues verticales de la poupée, sont montés le *cône* E et la roue F. Le cône se compose de cinq poulies, qui varient progressivement de diamètre, et d'un pignon droit *a*, ménagé à son extrémité. Il est ajusté fou sur l'arbre pour tourner, au besoin, indépendamment de celui-ci; retenu d'un côté par une embase *b* rapportée entre la joue de la poupée et le pignon, et de l'autre, par la roue droite F, il ne peut évidemment pas glisser latéralement. La roue F est, au contraire, fixée sur l'arbre pour l'entraîner constamment dans sa rotation; tantôt on la rend solidaire avec le cône E, au moyen d'une vis *c*, qui traverse l'un de ses bras et que l'on taraude exprès dans un renflement du disque de fonte *d*, fig. 3 (celui-ci a son rebord extérieur tourné légèrement conique, et reçoit la plus grande poulie du cône E qui y adhère ainsi par contact); tantôt le cône et la roue sont rendus indépendants, parce qu'on retire la vis qui les retenait liés. Dans le premier cas, l'arbre du tour tourne à la même vitesse que celle qui est imprimée au cône; dans le second, il tourne toujours avec une vitesse bien moindre.

Le pignon *a*, qui est venu de fonte avec le cône, et qui a été préalablement tourné et taillé avec soin, peut engrener avec la roue droite G, montée sur un axe intermédiaire en fer *e* (fig. 2), mais glissant à volonté sur lui, pour être tantôt embrayée avec le pignon et tantôt débrayée. Sur ce même axe, et vers son autre extrémité, est aussi fixé au second pignon *f* sem-

blable au premier, mais fondu seul, pour engrener avec la roue F. Cette disposition est tout à fait analogue à celle du tour à engrenages que nous avons représenté pl. 19 et 20 du 1er volume.

On voit qu'il existe, entre les joues de la poupée et les engrenages, un espace suffisant pour permettre de débrayer la roue G et le pignon *f*, qu'on a soin de faire glisser sur leur axe *e*, quand l'arbre du tour doit tourner à la vitesse du cône.

Cet arbre est ajusté dans la poupée d'une manière particulière, et que l'on remarque généralement dans les tours anglais. Les coussinets *i i'* qui portent ses tourillons, sont chacun composés d'une bague conique en bronze, d'une seule pièce, au lieu d'être des coquilles demi-cylindriques. La coupe (fig. 3) indique bien leur forme et leur disposition. Ces bagues ne sont pas seulement coniques à l'intérieur, mais aussi à l'extérieur; il est vrai de dire que les deux cônes ne sont pas exactement semblables. Il est aisé de voir que, par ce mode de construction, lorsque l'arbre vient à prendre du jeu dans ses coussinets, comme on peut le resserrer par le bout, avec le double écrou *g*, on ne dérange pas sensiblement la hauteur ni la direction horizontale de son axe; tandis qu'avec le procédé de coussinets ordinaires, il y a plus de chances de dérangement, et alors les pointes du tour sont susceptibles de ne pas se trouver rigoureusement en regard et sur la même ligne horizontale.

L'axe en fer *e* est supporté aussi par les deux joues prolongées de la poupée fixe, mais le constructeur n'a pas cru devoir y rapporter des coussinets, comme on le fait généralement; nous croyons qu'il aurait été préférable d'y adapter des coquilles en bronze ou en fonte pour remédier aux cas d'usure.

Poupée mobile du tour. — La poupée mobile H est une chaise plus simple et aussi bien moins importante que la première. Il est facile d'en reconnaître la forme sur les fig. 1 et 3. Elle se compose d'une pièce de fonte dont la partie supérieure est cylindrique et renferme la contre-pointe et la vis de rappel à l'aide de laquelle on fait marcher celle-ci. Sa hauteur est évidemment égale à celle de la poupée fixe, mais sa base peut être plus large et moins longue; elle n'est retenue sur le banc que par un seul boulon qui la traverse à son centre. Pour la changer de place, il suffit de desserrer l'écrou qui presse sur la base, et de la pousser à la main jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la place qu'elle doit occuper, puis on resserre l'écrou.

La contre-pointe se compose d'un cylindre en fer *h* ajusté avec beaucoup de soin, dans la partie alésée de la poupée, et portant la pointe conique en acier *h'*, que l'on peut enlever au besoin à l'aide d'un coin ou d'une clé que l'on introduit dans la mortaise qui s'y trouve pratiquée. A l'autre bout du cylindre est adaptée une vis de rappel à filet triangulaire *j*, que l'on manœuvre à la main par un volant en fonte *k*, monté à son extrémité et qui sert de manivelle. Un écrou fixe *l* est rapporté dans la poupée pour recevoir cette vis qui, en marchant, fait avancer ou reculer la contre-pointe.

Pour maintenir cette dernière, lorsque sa position est déterminée, le constructeur fait seulement appuyer une vis de pression ; nous croyons qu'il est préférable d'entourer le cylindre dans une bague en fer *m* qui se termine par une partie filetée, traversant un écrou à poignée que l'on serre au-dessus. Ce moyen, qui a été adopté par M. Fox et depuis par divers constructeurs, a l'avantage de déterminer une pression plus forte, puisque la bague fait presque l'effet d'un frein, et il ne laisse pas d'empreinte sur la surface du cylindre. Quelquefois elle est remplacée par un segment qui n'embrasse la tige que dans une partie de sa circonférence et sur laquelle opère la pression d'une vis que l'on serre de même par une clé.

Du support a chariot et du porte-outil. — Le chariot sur lequel se place soit le porte-outil, soit la pièce à aléser, consiste en une large et forte plaque en fonte I, qui est dressée avec soin sur ses deux faces horizontales. Des coulisseaux *n*, également bien dressés, sont boulonnés sous cette plaque, de chaque côté du banc, afin de la faire porter sur lui dans toute sa longueur, mais de manière à lui permettre de glisser sans aucun jeu ; et afin qu'on puisse remédier au cas d'usure, on s'est arrangé pour resserrer ces coulisseaux avec des vis latérales taraudées dans l'épaisseur des deux joues, qui sont venues de fonte avec la plaque. Quand celle-ci doit rester en repos pendant le travail, ce qui peut avoir lieu lorsqu'on tourne, par exemple, la surface d'un disque ou d'un plateau que l'on veut dresser, on l'assujétit solidement sur le banc avec l'unique boulon *o*, dont on serre l'écrou à l'aide d'une clé à demeure *p*.

Le porte-outil se compose de trois pièces principales : la première J qui repose sur le chariot et peut y occuper diverses positions, la seconde K formée d'une plaque mobile sur la précédente, et la troisième L qui porte le burin. La base ou support J est en fonte, dressée non-seulement sur ses deux faces horizontales, mais encore sur les deux bords latéraux supérieurs qui sont angulaires comme ceux du banc, afin de recevoir les coulisseaux *q* adaptés de chaque côté de la plaque rectangulaire K. Un boulon *r*, dont la tête carrée est logée dans une coulisse ménagée sur une partie du chariot I, sert à assujétir la base J sur ce dernier, lorsque sa position est à peu près déterminée, position qui dépend évidemment du diamètre de la pièce à tourner.

La plaque rectangulaire K est rendue mobile, dans le sens de la longueur du support J, au moyen d'une vis de rappel M qui est tout entière logée dans l'épaisseur de celui-ci, qui peut recevoir un mouvement de rotation soit à la main, par la manivelle *s* (fig. 1), soit par le tour même, comme on le verra plus loin (fig. 4). Cette vis de rappel traverse un écrou en cuivre *t* adapté sous la plaque K (fig. 3), et comme elle ne peut avancer ni reculer parce qu'elle est prise dans un collet, à l'une de ses extrémités, il faut nécessairement que dans sa rotation elle fasse marcher l'écrou et le porte-outil. Les coulisseaux *q* qui retiennent la plaque sur sa base J, en lui per-

mettant de se mouvoir, et en marchant avec lui, peuvent aussi, comme les premiers *n*, être resserrés par des vis latérales à tête perdue.

La pièce L, que nous appelons plus particulièrement le porte-outil, peut encore avoir un autre mouvement dans une direction qui est exactement perpendiculaire à celle de la marche précédente, à l'aide d'une seconde vis de rappel M', plus petite que la première M; cette vis ne doit tourner qu'à la main par la manivelle *u* et seulement d'une manière accidentelle, comme, par exemple, pour régler exactement la place de l'outil par rapport à la pièce qui doit travailler. Elle traverse un écrou en cuivre qui est fixé à la plaque K, par conséquent elle marche, en tournant, avec le porte-outil qu'elle fait avancer, et qui glisse entre deux coulisseaux *v* retenus sur cette plaque. L'outil est le burin d'acier *x*, qui doit attaquer la pièce à tourner ou à fileter; il est assujéti sur le porte-outil par des vis de pression verticales *y*, qui sont taraudées dans l'épaisseur de la base carrée de celui-ci. Ces vis sont au nombre de quatre, et placées vers les angles du carré, ce qui permet de placer le burin dans des directions différentes et de manière qu'il se trouve toujours serré par deux vis. Cette disposition permet aussi de placer deux burins qui pourraient travailler à la fois sur la même pièce; l'un dégrossirait, par exemple, et l'autre finirait le tournage en planant la pièce.

Mouvement du chariot et du porte-outil. — On sait que, dans un tour parallèle ou à fileter, le mouvement du chariot doit être disposé pour qu'on puisse le faire marcher soit par la machine, soit par une manivelle. M. Whitworth a adopté, pour ces deux mouvements, une disposition particulière de vis de rappel qui est fort curieuse.

Il a conçu qu'il pourrait lui faire faire tantôt l'office d'une crémaillère, et tantôt celui de la vis proprement dite. A cet effet, il l'a exécutée avec des filets arrondis, au lieu de la faire à filets triangulaires ou carrés; elle peut engrener soit avec un écrou, soit avec un pignon à dents héliçoides.

Cette vis est représentée en N dans la coupe fig. 3; elle est placée dans l'intérieur du banc, non pas dans l'axe, mais plutôt un peu de côté, pour ne pas gêner. Elle porte à la tête une roue droite dentée O qui lui communique un mouvement de rotation très-lent, par celui qu'elle reçoit du pignon P dont le diamètre est beaucoup plus petit (fig. 2). Ce dernier est solidaire avec une autre roue Q placée derrière, et ajustée comme lui sur un goujon en fer qui est fixé sur une pièce à coulisse R, à laquelle on peut faire occuper toutes les positions désirables, en tournant autour de l'axe de la vis. Enfin la roue Q est commandée par un pignon T qui est monté à l'extrémité de l'arbre du tour, et qui par conséquent tourne toujours à la même vitesse que lui.

Ainsi, par les rapports que l'on peut établir entre ces divers engrenages, on règle aisément la vitesse de la vis et par suite la marche du chariot et du porte-outil par rapport à la vitesse de rotation de l'arbre du tour. Nous croyons qu'il est inutile de donner les calculs relatifs à ces vitesses. On

peut se reporter à ce que nous avons déjà vu dans les livraisons précédentes. On change l'un ou l'autre de ces engrenages, et quelquefois tous les quatre à la fois, suivant les différentes vitesses que l'on veut obtenir, en remarquant que les deux centres extrêmes, celui de l'arbre et celui de la vis, sont invariables, et que le centre intermédiaire, celui du goujon, peut, au contraire, prendre toutes les positions désirables. Dans la combinaison adoptée sur le dessin on suppose que la machine doive tourner la surface intérieure d'un cylindre en fonte; les engrenages sont alors disposés pour ralentir la vitesse de la vis, afin que la marche du chariot ne soit pas de plus d'un demi-millimètre pour une révolution de l'arbre. Sur des tours de plus forte dimension on peut évidemment faire avancer l'outil plus rapidement; on a même été jusqu'à 2 et 3 millimètres; mais aussi, sur des tours plus faibles, on ne peut souvent pas marcher avec 1/4 de millimètre de pression.

L'écrou qui engrène avec la vis de rappel pour transmettre au chariot un mouvement de translation, doit être nécessairement en deux parties, afin qu'on puisse le débrayer à volonté lorsqu'on veut faire servir cette vis comme crémaillère. Dans les dessins du tour anglais qui nous ont été communiqués, la disposition adoptée par M. Whitworth pour cet écrou ne se trouve nullement indiquée; nous avons cherché à nous en rendre compte de la manière suivante :

Entre deux faces verticales et parallèles, supposées venues de fonte avec la grande plaque I, est ajusté un coussinet *z* qui a été fileté sur le même pas que la vis, et qui est attaché à deux branches en fer *a'* lesquelles embrassent deux embases excentriques forgées ou rapportées sur l'axe vertical *b'*. L'objet de ces excentriques est d'écarter ou de rapprocher le coussinet de la vis, en faisant faire à l'axe une demi-révolution sur lui-même, au moyen d'une clef ou d'une manivelle que l'on monte à son extrémité. Nous croyons qu'un seul coussinet formant ainsi un demi-écrou peut suffire pour que dans la rotation de la vis, le chariot se trouve entraîné et suive une marche rectiligne proportionnelle au filet de la vis; mais on conçoit, du reste, qu'on pourrait tout aussi bien appliquer un deuxième coussinet qui formerait la seconde moitié de l'écrou, et qui pourrait être écarté ou rapproché de la vis en même temps que le premier, par deux excentriques semblables et montés sur le même axe *b'*.

Lorsque la vis doit servir de crémaillère, ce qui a lieu pour ramener rapidement le chariot à la position qu'on veut lui donner, on débraye l'écrou *z*, puis on fait tourner à la main la manivelle U dont le canon s'ajuste sur le bout d'un axe horizontal qui porte le pignon d'angle *c'*. Ce pignon engrène avec une roue plus grande *d'*, fixée sur le sommet d'un axe vertical, placé dans le centre de la plaque I, et à la partie inférieure duquel est monté le pignon en fonte *e'*, taillé en hélices pour engrener avec la vis de rappel. Comme celle-ci est fixe, il est évident qu'en tournant la manivelle le pignon fera le même effet que s'il engrenait avec une cré-

maillère : il marchera donc en entraînant avec lui le chariot et le porte-outil. On peut se servir de ce moyen pour pratiquer des cannelures sur des cylindres, lorsqu'on n'a pas de machine à canneler spéciale. Quand on veut tourner, on ramène donc le chariot à sa place, comme on vient de le voir, puis on enlève la manivelle U, on embraye l'écrou, et la vis de rappel N, obéissant au mouvement du tour, fait avancer le porte-outil régulièrement, avec la vitesse voulue et calculée d'ailleurs à l'avance par les roues et pignons dentés placés en tête de la machine.

L'auteur, pour compléter le service dont cette vis est susceptible, a ajouté une disposition qui permet de faire marcher le porte-outil dans une direction perpendiculaire à l'axe du tour et par le mouvement même de celui ci. Ainsi, avec la petite roue d'angle d', il a fait engrener un second pignon c^2, qui est monté sur le bout d'un axe en fer, dirigé dans le prolongement de celui qui porte le premier pignon c'. A l'autre extrémité de cet axe, est une roue droite f' avec laquelle engrène une roue semblable f^2, ajustée sur un goujon de fer qui se termine, à l'autre bout, par une embase dentelée (fig 4). Ce goujon est mobile dans une douille de fonte formant support, et fixée sur le chariot I. Au moyen d'une fourchette g', dont le centre d'oscillation est aussi sur la plaque I, on fait embrayer, avec l'embase dentelée, le manchon à douille j', qui est soutenu d'une part par le goujon, et de l'autre par le bout quarré de la vis de rappel M ; il en résulte que si l'on suppose le chariot fixe sur son banc (et on sait qu'il suffit pour cela de serrer le boulon à clé p), la longue vis N, faisant tourner le pignon à dents héliçoïdes e', déterminera par suite le mouvement des autres engrenages et par conséquent celui de la vis M, qui, de cette sorte, fera marcher la plaque rectangulaire et le porte-outil, auquel on a donné, par avance, la position indiquée sur la section fig. 4. Il est évident que lorsque ce mouvement transversal ne se fera pas, il suffira de débrayer le manchon à douille j', et alors les roues tourneront sur leurs propres axes, sans rien produire.

Les coussinets dans lesquels se meuvent librement les axes des pignons d'angle c' et c^2, ne sont autres que de longs cylindres creux alésés exactement et fixés sur la plaque de fonte I. On a recouvert ces engrenages d'une enveloppe de cuivre ou de fer blanc, pour les garantir des copeaux de métal qu'ils pourraient recevoir pendant le travail.

Des brides et plateaux du tour. — Lorsqu'une pièce est à tourner et est assez longue, comme un arbre, par exemple, elle doit être portée entre deux pointes; on la centre d'abord le plus exactement possible, puis on perce à chaque bout un trou de plusieurs millimètres de profondeur, afin qu'elle soit moins susceptible de se décentrer, lorsqu'une fois elle est montée sur les deux pointes h' et h'' du tour. Celle-ci est ajustée dans le bout de l'arbre D de la même manière que la première h' dans sa tige cylindrique h. Mais afin que la pièce se trouve entraînée par la rotation de l'arbre, il faut fixer à l'extrémité de celui-ci un toc à une ou deux branches, comme celui V représenté sur la fig. 1; on adapte en même temps

vers l'extrémité correspondante de la pièce un collier en fer k' qui se compose de deux demi-cercles réunis par deux boulons, lorsque la pièce est d'un fort diamètre, mais simplement une simple bride à ouverture elliptique et portant une vis de pression et un bec allongé, lorsque la pièce est d'un faible diamètre. Il est évident que les branches du toc, venant rencontrer le collier ou la bride, entraînent nécessairement dans leur rotation la pièce à tourner.

Si, au contraire, la pièce était de très-peu de longueur, comme un engrenage, une poulie, un coussinet ou un manchon, on pourrait en tourner la surface extérieure en la montant sur un mandrin composé d'une tige de fer tournée cylindrique au diamètre de l'ouverture pratiquée à son centre; on place alors son mandrin entre les deux pointes du tour, en s'arrangeant pour que la pièce se trouve le plus près possible de la poupée fixe, et on détermine la rotation, soit comme précédemment, soit en engageant les branches du toc dans les bras de la roue ou de la poulie.

Si la pièce de peu d'épaisseur devait être alésée sur le tour, il faudrait alors substituer au toc V un plateau en fonte X, bien dressé comme celui représenté sur la coupe verticale, fig. 3; il est fileté à son centre comme le moyeu du toc, pour se monter à vis sur l'arbre. Sur ce plateau, sont ménagées de longues mortaises dans lesquelles passent les boulons qui doivent y entrer et assujétir la pièce. Dans ce cas, comme dans les précédents, le burin fixé sur le porte-outil reçoit le mouvement rectiligne, ainsi qu'on l'a vu plus haut, pendant que la pièce est douée d'un mouvement circulaire continu.

Mais s'il fallait aléser un cylindre d'une certaine longueur, qui ne pourrait être assujéti avec une solidité suffisante sur le plateau, et qui d'ailleurs ne permettrait pas à l'outil de pénétrer dans tout son intérieur, il faudrait fixer la pièce sur le chariot même, en enlevant d'avance le porte-outil; puis on mettrait entre les pointes du tour un porte-lame auquel on imprimerait un mouvement de rotation, pendant que la pièce recevrait le mouvement de translation.

Pour l'opération du filetage, lorsque la tige à fileter doit être à simple filet, soit à section triangulaire, soit à section quarrée ou circulaire, on l'assujétit entre les deux pointes du tour et on lui imprime un mouvement de rotation, pendant que le porte-outil marche avec une vitesse d'autant plus rapide qu'on veut obtenir un pas de vis plus grand. On sait que si l'on voulait former une vis d'un filet exactement égal à celui de la vis existante sur la machine, il faudrait que celle-ci fît un tour à chaque révolution de l'arbre moteur D, qui entraîne la pièce. Mais si on voulait avoir un filet moitié plus petit, il faudrait alors que la vis N ne fît qu'un demi-tour par révolution de l'arbre D, et si, au contraire, le filet devait être double ou triple de la première N, celle-ci devrait faire deux ou trois tours à chaque révolution de l'arbre. Ainsi, en général, on combine les roues d'engrenage qui transmettent le mouvement à la vis de rappel, de manière qu'il y ait

une proportion inverse entre les vitesses de rotation de la vis à fileter et de celle existante, et leurs pas respectifs. Comme nous l'avons dit, il est essentiel, dans un atelier de construction, d'établir par avance un tableau des diamètres des engrenages et de leur diverses combinaisons correspondantes aux différents pas de vis qu'on est susceptible de fileter, afin que l'ouvrier chargé de conduire la machine n'éprouve aucune difficulté et n'ait aucune recherche à faire, toutes les fois qu'il sera obligé de fileter une vis sur un pas demandé.

Lorsque la vis doit être à plusieurs filets, il serait difficile d'effectuer avec exactitude la division de la tige à fileter, si on n'employait un moyen mécanique. MM. Pihet et compagnie, qui construisent un grand nombre de machines-outils, ont additionné à leurs tours parallèles un mécanisme fort simple, que l'on appelle mandrin universel, et avec lequel on peut obtenir les différentes divisions qui sont nécessaires.

Ce mandrin est représenté en coupe verticale et en élévation de face sur les fig. 6 et 7 de la pl. 9. Il se compose d'un disque en fonte Y, fileté à l'intérieur pour se monter à vis sur le bout de l'arbre du tour, à la place du plateau dressé X, fig. 8. Un cercle à douille Z est ajusté sur la face de ce disque, mais n'est pas fixe sur lui; il porte à sa circonférence 60 divisions, formant autant d'encoches et de dents quarrées, dans lesquelles on engage une petite pièce d'arrêt *m'*. La douille porte quatre vis de pression entre lesquelles on pince fortement le bout de la tige à fileter. Une rondelle ou bague en fer B', boulonnée vers le bord du disque, maintient le cercle appuyé contre ce dernier, sans cependant l'empêcher de tourner tant que la pièce d'arrêt n'est pas engagée dans sa denture; mais, lorsque celle-ci est embrayée, comme on le voit sur la fig. 6, et qu'on serre la vis *n'* qui est taraudée dans son épaisseur et qui traverse la bague B', il est évident que toutes ces pièces sont rendues solidaires, et que, par conséquent, si le disque reçoit un mouvement de rotation, il l'imprime au cercle à douille et par suite à la tête à fileter.

On se sert donc de ce mandrin comme d'un toc ordinaire. Ainsi, supposons que l'on ait à fileter une vis à 3 filets : il faut alors que la base de la tige soit divisée en trois parties égales. On règle d'abord le mandrin de manière que la pièce d'arrêt soit correspondante au point *o* du cercle gradué, et on serre la vis *n'* pour la maintenir dans cette position, afin que le tout ne fasse qu'un seul corps; puis on commence à faire le premier filet, après avoir déterminé par avance les engrenages convenables qui doivent se trouver en tête du tour pour la vitesse de la vis de rappel. Lorsque le premier filet est terminé, on arrête le tour, on desserre la vis *n'*, pour pouvoir enlever la pièce d'arrêt *m'*, et on fait tourner le cercle gradué Z, indépendamment du disque, d'un tiers de circonférence, c'est-à-dire jusqu'à ce que le nº 20 se trouve en regard de la petite ouverture *o* par laquelle on peut voir successivement les divisions du cercle à travers l'épaisseur de la bague B'. On replace alors la pièce *m'* dans cette division et on la fixe de nouveau avec

sa vis. On peut ensuite remettre le tour en marche, et faire le deuxième filet comme le premier. Quand ce second filet sera terminé, on opérera comme précédemment, c'est-à-dire qu'on fera tourner le cercle Z d'un nouveau tiers de circonférence, pour que la pièce d'arrêt se trouve sur la 40ᵉ division.

NOTICE

SUR LES TOURS PARALLÈLES ET A CHARIOT.

Il y a une vingtaine d'années, on comptait en France fort peu d'établissements de construction employant des tours parallèles ou à chariot. La maison Pihet est l'une des premières qui en ait fait usage dans ses propres ateliers, et qui dut bientôt en construire un grand nombre, soit pour l'industrie privée, soit pour la marine.

M. Thiébaut aîné, qui a été pendant longtemps l'un de nos constructeurs les mieux outillés, introduisit aussi des premiers dans notre pays les tours à chariot et à fileter de Fox, qui conservent encore une juste réputation. L'un de ces tours était, il y a peu d'années, remarqué par sa grande dimension, parce que son banc, fondu d'une pièce, porte plus de 7 mètres de longueur, et une largeur de moins de 0^m70. Le modèle, au 1/5 de ce tour, est exposé dans les galeries du Conservatoire. Plus tard, vers 1835, MM. Debergue et Spréafico firent venir d'Angleterre un grand tour parallèle, d'une dimension analogue à celle du précédent, et qui leur rend journellement de grands services.

La grande et ancienne maison Caslais et Cordier, de Saint-Quentin, occupe aussi, depuis près de vingt ans, des tours parallèles et à chariot, et elle a augmenté successivement son matériel d'outils, qui est devenu très-important.

Quelques mécaniciens français, et particulièrement M. Ph. Gengembre et M. Saulnier aîné, ont apporté dans la construction des tours parallèles une disposition particulière qu'il est bon de faire remarquer. Au lieu d'établir le banc du tour suivant celle adoptée en Angleterre, laquelle consiste, comme on l'a vu plus haut, dans la forme de deux flasques parallèles, dressés sur leurs bords supérieurs, ces constructeurs l'ont remplacé par deux colonnes horizontales, tournées très-exactement cylindriques. Cette disposition présente l'avantage de rendre la construction de la machine plus facile en permettant de faire tous les ajustements au tour, tandis que dans le système anglais les parties dressées ne peuvent être faites qu'à la machine à raboter ou par la main d'un ajusteur.

M. Calla, habile fondeur-mécanicien de Paris, qui construisit, il y a bien

quinze ans, un tour parallèle, suivant le mode adopté alors en Angleterre, conçut un système de tour avec plateau à denture intérieure, disposition qui, comme on le sait, est aujourd'hui reconnue très-bonne, parce qu'elle permet au pignon de commande d'avoir plus de dents en contact, et par suite elle laisse moins de jeu pendant le tournage.

M. Carlier, de Paris, mécanicien consciencieux et très-entendu pour la confection des machines-outils s'est occupé d'une manière toute spéciale de la construction des tours à engrenages, à chariot et à fileter. Ce constructeur doit être cité d'autant plus particulièrement qu'il apporte dans son travail une précision qu'on rencontre bien rarement, et qui est cependant de la plus grande importance pour que ces outils puissent rendre tout le service que l'on doit en attendre. Nous aurons l'occasion de publier sous peu quelques-uns des outils qu'il confectionne si bien et avec tant de justesse.

La maison Decoster et Ce, qui s'est d'abord montée pour l'exécution des machines en usage dans la filature du lin et du chanvre, s'occupe aussi, comme on sait, de fabriquer des tours à chariot de diverses dimensions suivant le système anglais.

M. N.-G. Cartier a construit, pour ses propres ateliers, quelques tours parallèles, et en homme du métier qui sait comprendre les services que de telles machines peuvent rendre dans un établissement, il y a, plusieurs fois, fait faire des opérations qu'on serait souvent fort éloigné de croire possibles. Ainsi, pour citer un exemple, nous dirons qu'un jour il fit pratiquer sur un arbre en fonte, d'environ 0m18 de diamètre, une rainure ou mortaise qui n'avait pas moins de 1m70 de longueur, sur 0m022 de profondeur, et 0m03 de large; elle était destinée à recevoir une nervure en fer ou clavette à demeure, pour une roue dentée de moulin pendant. Cette rainure fut faite très-rapidement, et sans fatiguer le tour, à l'aide d'un bec-d'âne en acier qui n'avait que 5 millimètres d'épaisseur; il fit pratiquer deux sillons parallèles avec cet outil, en faisant marcher le chariot à la main, avec une vitesse correspondante à celle que l'on donne à l'outil d'une machine à raboter; il restait alors deux centimètres de fonte, comprise entre les deux sillons; cette fonte fut abattue très-facilement par le marteau.

Ce constructeur a aussi eu le premier l'idée de rendre les tours à plateaux propre à faire les mortaises dans l'intérieur des roues, et autres pièces après l'alésage, par un procédé extrêmement simple et très-économique sur lequel nous reviendrons.

Nous avons eu l'occasion de dire, dans la livraison précédente, que MM. Huguenin et Ducommun, de Mulhouse, s'occupaient aussi, depuis quelque temps, de la confection des tours à chariot et autres machines.

Quand des maisons spéciales s'adonnent ainsi à la construction d'outils importants, on peut dire avec assurance qu'on en a généralement senti le besoin, et qu'il n'existera bientôt plus d'établissements de mécanique qui ne soient pourvus de tels appareils.

On augmente chaque jour la dimension de ces outils, afin de les rendre propres à travailler de grosses pièces, ce qui est maintenant de première nécessité pour les établissements qui s'occupent de la construction des grandes machines. Ainsi M. Cavé, qui a construit pour lui et pour la marine de forts et puissants outils, vient de faire un tour parallèle d'une dimension qui aurait certainement paru surprenante il y a peu d'années. Le plateau de ce tour a 3 mètres de diamètre, et le banc porte 2 mètres de large. La maison André Kœchlin, de Mulhouse, a aussi établi pour son usage un tour d'une dimension analogue. On pourra juger du travail dont de tels instruments sont capables, en répétant, d'après le rapport sur la dernière exposition industrielle d'Alsace, que sur le tour de M. Kœchlin on enlève sur des pièces de fer forgé, des copeaux qui ont 55 millimètres de largeur, sur 4 millimètres d'épaisseur. L'effort exercé pour découper une telle quantité de métal est évidemment très-considérable et exige une bien grande solidité de mécanisme pour que la machine fonctionne sans aucune vibration.

Plusieurs autres grandes maisons, comme celle de MM. Schneider frères, du Creusot, celle de M. Hallette, à Arras, celle de MM. Stehelin et Huber, à Thann, la Compagnie des mines d'Anzin, possèdent aussi des tours analogues et qui présentent une grande solidité ; on sait aujourd'hui que c'est le seul moyen d'arriver à faire beaucoup et économiquement.

Aussi nous pouvons répéter sans crainte que les tours parallèles ou à chariot jouent actuellement un grand rôle dans l'exécution des pièces de machines, et que, construits sur de faibles comme sur de grandes dimensions, ils n'en sont pas moins susceptibles d'être constamment utilisés. Ce sont évidemment les outils les plus précieux, par les diverses applications auxquelles ils sont propres.

On peut voir encore dans le IIIe vol. de ce Recueil les tracés et la description du tour à chariot et à fileter de M. Decoster.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 9.

Fig. 1. Élévation longitudinale du tour à chariot.

Fig. 2. Vue par le bout du côté de la tête du tour.

Fig. 3. Coupe verticale faite parallèlement à l'axe suivant la ligne brisée 1, 2, 3, 4 de la fig. 4.

Fig. 4. Section transversale faite vers le milieu du support à chariot, suivant la ligne 5-6 (fig. 3).

Fig. 5. Détails de l'écrou z, qui engrène avec la vis de rappel, et est adapté au support.

Ces diverses figures sont dessinées à l'échelle de 1/12.

Fig. 6 et 7. Vue de face et coupe verticale par l'axe du mandrin universel dessiné à l'échelle de 1/6.

NOTICES INDUSTRIELLES

SUR L'ÉLECTRO-TYPIE AU MOYEN DES COURANTS PAR INFLUENCE,

PAR M. DUJARDIN.

Je vais signaler un fait d'électro-chimie que je crois nouveau, et qui pourra avoir des conséquences pratiques d'un haut intérêt, c'est qu'on peut précipiter les métaux de leurs dissolutions salines sur la surface d'autres métaux, sans le secours de l'électricité voltaïque. On peut remplacer les courants voltaïques ou hydro-électriques, les seuls qu'on ait employés jusqu'à ce jour dans les opérations galvano-plastiques, par les courants magnéto-électriques, dont la découverte est due à M. *Faraday*. Les trois expériences dont je vais rendre compte en peu de mots ont été exécutées au moyen d'une machine magnéto-électrique de *Clark*, disposée de telle manière, que les courants d'induction cheminent tous dans la même direction.

Première expérience. — J'ai adapté à la machine, pour servir de conducteurs polaires, deux fils de platine. J'ai plongé ces deux fils dans une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et j'ai fait fonctionner la machine. Au bout d'une minute environ, l'un des fils de platine était recouvert d'une couche épaisse de cuivre métallique, tandis que l'autre était blanc et brillant comme avant l'opération. Le fil de platine recouvert de cuivre m'a indiqué de quel côté se trouvait le pôle négatif de la machine.

Deuxième expérience. — Aux deux fils de platine j'ai substitué deux fils de cuivre argenté. J'ai plongé les bouts de ces fils dans une dissolution extrêmement faible de cyanure d'or et de potassium; j'ai mis en contact avec le fil négatif une pièce de monnaie de 50 centimes non décapée. Lorsque la machine eut fonctionné pendant une ou deux minutes, la pièce d'argent commença à se dorer, mais faiblement et d'une manière irrégulière, sans doute parce qu'elle n'avait pas été nettoyée préalablement.

Troisième expérience. — Au bain d'or de l'expérience précédente, j'ai substitué un bain d'argent concentré, mais trouble. J'ai mis en contact avec le fil négatif un bijou en laiton non déroché, dont la surface présentait des creux et des reliefs. J'ai fait marcher l'appareil, et, en un instant, le bijou a été argenté sur ses parties saillantes. Les creux ne se sont pas recouverts d'argent, probablement parce qu'on n'avait pas eu recours au dérochage, opération préliminaire indispensable.

D'après ces trois expériences, faites à la hâte, il semblerait qu'on serait autorisé à penser que les machines magnéto-électriques, surtout si elles étaient d'un prix moins élevé, pourraient bien remplacer, dans les opérations industrielles de la dorure, de l'argenture, les différentes sortes de piles voltaïques, qui toutes se détériorent assez promptement, et dont la manipulation est toujours désagréable.

FILTRE POUR CLARIFIER DE GRANDES QUANTITÉS D'EAU;
PAR M. STUCKEY, DE LONDRES.

Le principal trait de nouveauté de cet appareil, dit le *Mechanics' Magazine,* consiste dans l'emploi de l'éponge fortement comprimée. Il est étonnant que l'on n'ait pas songé plus tôt à se servir de cette matière; car il était certainement difficile de rien imaginer de plus convenable : son tissu extrêmement poreux, permet non-seulement à l'eau de le traverser en très-grande quantité, mais arrête toutes les matières en suspension, quelque divisées qu'elles soient. L'éponge peut, d'ailleurs, être nettoyée avec infiniment plus de facilité que le sable, le charbon ou les autres corps dont on a fait usage jusqu'à présent; enfin elle ne donne à l'eau ni goût ni odeur.

Le filtre de M. *Stuckey* consiste en une caisse rectangulaire, plus large que haute et bien étanche sur ses côtés, mais dépourvue de fond et de couvercle. On pose sur un rang de tasseaux, près de sa partie inférieure, deux plateaux, consolidés par des nervures, percés d'un grand nombre de trous et placés, l'un au-dessus de l'autre, à une distance suffisante pour contenir la couche d'éponge que l'on place entre deux : cette couche est comprimée par le moyen d'un fort boulon à vis, qui la traverse ainsi que les deux plateaux, et dont on tourne l'écrou jusqu'à ce que l'éponge ait perdu environ les trois quarts de son épaisseur primitive. Cette opération fait, d'ailleurs, porter la couche contre les parois de la caisse et prévient tout passage latéral de l'eau.

La caisse, suspendue à des chaînes et guidée dans son mouvement par des moyens quelconques, est descendue dans un réservoir, où l'on fait ensuite arriver de l'eau, qui traverse le filtre par dessous. La manœuvre s'opère au moyen de roues dentées, sur l'arbre desquelles sont montés des rochets pour arrêter la descente au point que l'on juge convenable. On retire le liquide avec un siphon ou de toute autre manière, à mesure qu'il s'accumule au-dessus du filtre.

Si l'eau sur laquelle on opère est chargée de matières putrides, on peut, dit l'auteur, placer entre les éponges une couche de charbon.

Pour nettoyer l'appareil, on retire la caisse dans un moment où elle est pleine d'eau clarifiée, qui repasse par conséquent, dans le filtre, en entraînant une partie plus ou moins grande des impuretés qui se sont accumulées par dessous. Si ce moyen ne suffit pas, on desserre suffisamment l'éponge en détournant l'écrou, et l'on renverse la caisse, que l'on immerge ensuite. L'eau traverse alors le filtre en sens contraire et le nettoie complétement. On retourne de nouveau la caisse pour la remettre dans sa position ordinaire, et on lave tout le réservoir.

Le même journal dit que, il y a peu de jours, un filtre de ce genre, établi dans la fabrique de M. *Stuckey,* d'une capacité de $2^{m.c.}$ 830 seulement, a filtré par jour (24 heures, sans doute) de 13 mille à 18 mille mètres cubes. L'eau fournie par la compagnie dite *New River Company,* sous une pression de 5^{m} 600, arrivait fort trouble et sortait claire comme le cristal.

MACHINE A BROYER

OU

A MOUDRE LES SUBSTANCES DURES ET SÈCHES

PAR

MM. BARATTE et BOUVET, brevetés

BARRIÈRE D'ITALIE, A PARIS

(PLANCHE 10)

Il a été proposé et mis à exécution bien des machines, bien des appareils destinés à broyer ou à moudre les diverses substances employées dans les arts et l'industrie. Mais, en général, ces appareils ou ces machines font un travail spécial, et ne sont pas susceptibles de recevoir un grand nombre d'applications, ou du moins ne peuvent présenter le même avantage pour les matières différentes qu'on soumet à leur action. Ainsi les meules horizontales, si avantageuses pour moudre les grains, seraient difficilement appliquées à moudre du plâtre ou du noir animal. De même, les cylindres que l'on emploie pour broyer les os ne peuvent suffire à réduire le blé en farine avec la même économie. Les moulins à noix ou à cloches, dans lesquels on moud le plâtre, les écorces de chêne, les feuilles de tabac, etc., ne sont également pas d'une bonne application pour moudre l'asphalte ou d'autres substances résineuses.

Il est évident que toutes ces substances étant différemment composées, de nature souvent essentiellement différente, ne peuvent être réduites en poudre ou en farine par une même manipulation ; les unes demandent à être plutôt déchirées que comprimées, d'autres, au contraire, doivent être plutôt fortement pressées. Il y a donc, en réalité, une difficulté mécanique très-grande pour arriver à faire une machine qui puisse s'appliquer dans tous les cas avec les mêmes avantages, la même économie de main-d'œuvre et de force motrice ; car il ne faut pas seulement, en industrie, qu'une machine puisse bien opérer, il faut encore qu'elle travaille économiquement.

Nous venons d'être appelé à voir fonctionner, chez MM. Baratte et Bouvet, un appareil d'une grande simplicité, et qui, dans les applications auxquelles il est propre, aura un bel avenir. On compte aujourd'hui tant de fabrications importantes qui emploient des substances en grains ou en poudre, qu'on ne saurait trop en effet chercher à perfectionner les moyens mécaniques en usage pour les réduire. Et en voyant les bons résultats obtenus par la machine que nous allons décrire, nous avons tout lieu de croire qu'elle se répandra rapidement, en remplaçant avec avantage, dans bien des circonstances, les anciens procédés.

Le principe de cette machine consiste simplement dans la disposition particulière d'un cylindre mobile sur une grille fixe. Ce cylindre est construit de telle sorte qu'il déchire, qu'il coupe successivement la matière en même temps qu'il la comprime et l'oblige à passer à travers la grille. Ainsi, au lieu de présenter une surface unie ou cannelée, comme on l'a fait dans plusieurs cas, il présente, au contraire, sur toute son étendue, de larges et profondes cavités, dont les côtés ou arêtes extérieures sont des parties d'hélices qui se rencontrent, et qui, pendant le mouvement rotatif, entraînent les substances soumises à leur action jusque sur la grille, et les réduisent bientôt en grains et en poudre.

Déjà on a proposé et mis à exécution un système de deux cylindres agissant comme des laminoirs, et sur lesquels on avait ménagé de légères saillies en hélice; mais ce système, que l'on a principalement appliqué à concasser le plâtre, ne faisait que comprimer la matière sans la déchirer. On a également disposé des cylindres en fonte, cannelés sur toute leur longueur, et qui ne présentent pas beaucoup plus d'avantages. Et maintenant on s'est arrêté, pour le plâtre, aux moulins à noix, composés d'un cône en fonte armé de nervures saillantes et mobiles, dans une boîte garnie aussi de saillies entre lesquelles les matières sont broyées.

La nouvelle machine de MM. Baratte et Bouvet, appliquée à moudre les os carbonisés que l'on emploie aujourd'hui en si grande quantité dans les fabriques et les raffineries de sucre, peut être extrêmement avantageuse, car elle opère avec une rapidité incroyable, et permet d'ailleurs d'obtenir, comme on peut le désirer, le degré de grosseur du grain ou de finesse de la poudre, conditions importantes que les appareils employés jusqu'ici ne remplissent pas toujours avec toute la régularité nécessaire.

Dans la fabrication du plâtre, elle n'est pas moins utile, car c'est aussi une industrie croissante qui s'améliore tous les jours. Pour cette application, on pourra dire, avec quelque raison, qu'elle dévore les pierres, quel que soit leur volume, tant elle travaille avec célérité. Nous espérons avoir l'occasion de donner les résultats des expériences que l'on se propose de faire à ce sujet avec l'appareil.

Les auteurs ont cherché à moudre dans cet appareil d'autres substances, comme des gypses, des pierres de diverses natures, et même de l'asphalte, matière résineuse, qui n'a pu, jusqu'ici, que nous sachions du moins, être

broyée mécaniquement. En présence des résultats obtenus, il n'est pas douteux que cette machine rendra de grands services à l'industrie.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MACHINE A BROYER.

REPRÉSENTÉE PLANCHE 10.

Toute cette machine se compose simplement de trois pièces principales, savoir :

1° D'une trémie en fonte contenant les substances à moudre ou à broyer;

2° D'une grille fixe en fonte, percée de trous rectangulaires très-étroits;

3° D'un cylindre évidé et à arêtes héliçoïdes, ayant un mouvement de rotation sur son axe.

Nous allons décrire successivement ces trois pièces, et nous croyons qu'il sera facile ensuite de comprendre le jeu de tout l'appareil.

De la trémie. — Les substances que l'on veut soumettre à l'action de la machine sont amenées dans une trémie en fonte C, qui est vue en coupe longitudinale sur la fig. 1, en plan, fig. 2, et en section transversale, fig. 3. On la voit aussi seule en élévation, fig. 4. On reconnaît par ces figures que cette trémie a la forme d'un prisme, dont les bases verticales sont parallèles et dont les panneaux ou côtés latéraux sont inclinés. L'épaisseur du métal n'est pas la même sur toute l'étendue de ces côtés : les auteurs ont eu le soin de les faire venir sensiblement plus épais dans la partie inférieure que vers la partie supérieure, parce qu'ils doivent en effet, à la hauteur du cylindre, résister à de grands efforts, qu'ils n'éprouvent nécessairement pas au-dessus. Une feuillure a été ménagée à l'intérieur des deux côtés verticaux pour porter la grille en fonte D.

Des oreilles *d*, ménagées à l'extérieur des panneaux, sont destinées à placer la trémie au-dessus du bâtis de la machine; elles sont traversées par des vis verticales *e*, au moyen desquelles on en règle exactement la hauteur, et par suite l'écartement de la grille par rapport au cylindre. Ces vis ont leur point d'appui sur la partie supérieure du bâtis A, que nous avons supposé, sur les dessins, composé de deux châssis verticaux A en fonte, et réunis par des entre-toises en fer *a*. Pour réduire autant que possible le prix de revient de l'appareil, les constructeurs ont cru jusqu'ici devoir exécuter ce bâtis en bois; il est évident que cette disposition ne change en rien le principe de la machine.

Pour pouvoir facilement introduire le cylindre dans la trémie, on a eu la précaution de ménager à l'avance sur les deux bases verticales un évidement dont la largeur est égale au diamètre des tourillons du cylindre. Lorsque celui-ci est en place, on ferme ces évidements par deux registres en tôle ou en fonte qui descendent jusque sur les tourillons, afin de ne donner issue à aucune parcelle des substances contenues dans la trémie.

De la grille fixe. — La grille à travers laquelle doit passer toute la substance, après qu'elle a été broyée, est d'une forme circulaire et fondue d'une même pièce; elle est composée, comme l'indiquent la coupe verticale détaillée fig. 8, et le plan vu en dessous fig. 9, de plusieurs barreaux D, d'une forte épaisseur, et réunis entre eux par de petites nervures qui forment en même temps les séparations des évidements rectangulaires et très-étroits, par lesquels la matière est forcée de passer. On conçoit sans peine que, par la forme donnée aux barreaux de cette grille, elle puisse présenter une grande résistance et ne pas céder à l'énorme pression qui s'exerce contre elle, lorsque la machine fonctionne. La seule difficulté était de la fondre d'une pièce, en laissant entre les barreaux des interstices qui n'aient pas quelquefois plus de 2 à 3 millimètres de largeur du côté de la surface concave qui se présente à l'action du cylindre. Mais on conçoit qu'un fondeur habile, avec un modèle bien fait, et en employant pour le moulage du sable très-fin, peut toujours parvenir à fondre une telle pièce.

Cette grille repose par ses deux extrémités sur les feuillures qui ont été ménagées à l'intérieur de la trémie; elle touche aussi ses parois latérales par des parties étroites et peu saillantes qui ont été ménagées sur ses côtés. On peut encore la rendre tout à fait solidaire avec le fond de la trémie en la liant par des brides en fer. Ainsi, lorsqu'on élève ou lorsqu'on descend la trémie, on élève ou on baisse la grille en même temps. Celle-ci n'est pas exactement concentrique à la surface extérieure du cylindre : elle est d'un diamètre plus grand, afin de présenter de l'entrée, c'est-à-dire un passage un peu plus large vers les bords qu'au milieu, comme l'indique bien la coupe fig. 3.

Du cylindre mobile et de son mouvement. — Le cylindre B, qui doit opérer la trituration de la substance renfermée dans la trémie, présente une forme toute particulière et qui n'a pas, que nous sachions, été appliquée jusqu'ici. Les vues d'ensemble, fig. 1 et 2, et les détails, fig. 5 et 6, pourront, sans doute, en faire bien comprendre la disposition. Qu'on s'imagine, à la surface extérieure du cylindre, deux filets de vis, l'un à droite, l'autre à gauche, à pas très-allongés et se rencontrant à chaque moitié de circonférence, où ils forment des angles très-prononcés; que l'on suppose ensuite des cavités très-profondes pratiquées entre chacun de ces filets, de manière à présenter des espèces de creux prismatiques, et l'on pourra se faire une idée de la construction de ce cylindre évidé. A son centre et dans toute sa longueur, il existe d'ailleurs assez de matière pour qu'il ne puisse fléchir, mais, au contraire, tourner exactement comme s'il n'était pas évidé et qu'il fût monté sur un axe particulier.

Les deux tourillons *b*, sur lesquels il doit opérer sa rotation, sont fondus avec lui; ils traversent les deux extrémités de la trémie et sont supportés sur des coussinets en bronze *c*, ajustés dans des paliers de fonte qui sont boulonnés sur le bâtis. L'un de ces tourillons se prolonge pour porter l'en-

grenage E, par lequel le mouvement doit être transmis du moteur au cylindre, et de plus le volant F, qui doit tendre à régulariser ce mouvement.

Il est aisé de concevoir maintenant que si, après avoir rempli la trémie d'os carbonisés, par exemple, comme on l'a supposé sur le dessin, l'on imprime au cylindre, un mouvement de rotation, soit dans un sens, soit dans l'autre, ces os seront successivement entraînés par les arêtes extérieures du cylindre et bientôt amenés jusque sur la grille. Il est évident que tous ceux qui ne pourront se loger dans les différentes cavités pratiquées entre les filets héliçoïdes, seront pressés par ses derniers contre la partie inférieure de la trémie d'abord, puis bientôt contre la paroi inférieure de la grille. Ils commenceront donc à être déchirés et concassés; puis, au fur et à mesure qu'ils approcheront du milieu de la surface de la grille, comme alors l'écartement qui existe entre elle et la surface extérieure du cylindre est très-petit, ils seront considérablement réduits, et de plus forcés en grande partie de passer à travers les ouvertures de la grille. Il y a donc ainsi dans ce travail un double effet : le cylindre déchire, brise ou concasse, et il comprime, disposition qui est extrêmement favorable à l'opération. Tous les os qui ont pu se loger dans les cavités du cylindre sont remontés par lui, mais pour retomber bientôt sur le fond de la grille et être rencontrés par les filets saillants qui les broyent et les forcent également à traverser les ouvertures.

Cependant, il faut le dire toutes les parties qui passent à travers la grille ne sont pas complétement réduites en poudre, il y en a qui sont encore en grain d'une grosseur plus ou moins considérable, mais qui, dans tous les cas, ne peut être au-dessus de la largeur des ouvertures. Ainsi, si ces derniers ont deux millimètres de large, les grains les plus forts ne peuvent avoir, en sortant de la grille, plus de deux millimètres de diamètre. Avec une grille plus fine on obtiendra nécessairement plus de noir en poudre et moins de noir en grain; mais on peut encore jusqu'à un certain point régler la grosseur du grain ou la finesse de la poudre, en rapprochant plus ou moins la grille du cylindre, et nous avons vu qu'au moyen des vis de pression *e*, on peut opérer ce rapprochement avec la plus grande facilité.

L'emploi du noir animal, pour la fabrication comme pour le raffinage du sucre, va toujours en augmentant d'une manière considérable. Il importe donc à tous les fabricants et manufacturiers qui en font usage, de l'obtenir avec le plus d'économie possible. Les raffineurs préfèrent, non sans raison, acheter les os carbonisés et les moudre chez eux, plutôt que d'acheter le noir tout fabriqué, parce qu'ils sont plus certains de sa pureté. On peut donc sans crainte leur proposer l'appareil de MM. Baratte et Bouvet qui est simple, peu dispendieux, et qui, de plus, offre cet avantage que les grains ou la poudre qu'il donne se présentent en forme de *lamettes* qui sont reconnues préférables, pour produire la décoloration, à celle de *globules* que l'on obtient sous les meules.

DESCRIPTION DU BLUTOIR APPLIQUÉ A L'APPAREIL.

La machine qui vient d'être décrite étant supposée appliquée à la fabrication du noir animal, on a dû, pour compléter l'opération, y adapter un blutoir qui permît de séparer les différents numéros de grains ou de poudre obtenus. Ce blutoir est représenté en coupe longitudinale sur la fig. 1re, en plan sur la fig. 2, et en coupe transversale sur la fig. 3.

Il se compose d'un cylindre H en toile métallique, qui doit être très-fine à la tête, et de moins en moins serrée, à mesure qu'on approche vers l'autre extrémité. Ainsi, on peut avoir trois ou quatre numéros de toile, par exemple, pour opérer le blutage. Cette toile est clouée sur des tringles en bois K, qui règnent sur toute la longueur du cylindre, et qui sont boulonnées sur les pattes des croisillons en fonte J ajustés et fixés à des distances égales sur l'arbre de couche en fer I.

Toute la substance moulue tombe de la grille dans une trémie en planches G, à la partie inférieure de laquelle est adapté un tuyau courbé *f* qui descend jusqu'à l'ouverture du blutoir et pénètre dans son intérieur en traversant le fond circulaire en bois L. On imprime à l'arbre I un mouvement de rotation par la poulie N en fonte, qui est montée à son extrémité, et qui est commandée par une autre plus petite M, ajustée sur le tourillon du cylindre B. Pendant cette rotation, les molécules les plus fines s'échappent de la tête du blutoir et sont reçues dans une case inférieure; tandis que les autres s'écoulent vers le milieu de l'extrémité, en suivant la légère pente qu'on a donnée préalablement au cylindre H, pour sortir de même, et se rendre soit dans la seconde, soit dans la troisième case, par les mailles moins serrées de la toile métallique. Ces différentes cases sont séparées par des cloisons en planches *h* placées au fond du coffre en bois O qui renferme toute la bluterie; et afin de diriger les matières vers le milieu de la largeur de l'appareil, on a aussi disposé des plans inclinés *i*, qui les conduisent dans des sacs destinés à les recevoir.

La seconde extrémité du blutoir est aussi fermée par un fond en bois L′, qui est ouvert à son centre pour donner passage à l'arbre et aux grains de noir trop forts, qui n'ont pu traverser la toile métallique. Mais afin que ces grains puissent sortir facilement, il est utile d'appliquer contre le fond une espèce d'*escargot*, que l'on compose en général d'une manière fort simple, par six planchettes droites *j*, dirigées suivant des rayons de cylindre, et perpendiculaires au plan du fond L′. Tous les grains qui sortent par ce fond sont reçus dans une case séparée des précédentes, pour tomber dans un sac d'où on les rapporte sur le cylindre B, pour les moudre de nouveau.

TRAVAIL DE LA MACHINE.

Pour donner une idée du travail de cette machine, nous croyons devoir mentionner une expérience qui a été faite, en notre présence, à l'usine de MM. Baratte et Bouvet; on a pris 500 kil. d'os carbonisés, et en mor-

ceaux plus ou moins gros, tels qu'ils arrivent des usines, on les a jetés successivement, par mannes de 15 à 20 kil., dans la trémie C.

Le cylindre tournait avec une vitesse variable entre 40 et 45 révolutions par minute ; il était commandé par une petite machine à vapeur, marchant à la même vitesse et ne donnant pas la puissance d'un cheval.

En 40 minutes les 500 kil. ont été concassés et moulus; et on a obtenu 350 kil. de noir en grains et 150 kil. de noir en poudre : ainsi, la quantité de noir en grains obtenue a été environ 70 pour 0/0 de toute la substance soumise à l'action de l'appareil. Comme nous l'avons dit, on peut varier ce rapport en changeant la grille ou en la rapprochant plus ou moins du cylindre mobile.

Nous croyons que les résultats auraient été plus considérables, si, au lieu de desservir l'appareil par deux hommes, comme on l'a fait alors, il avait été, au contraire, régulièrement alimenté par un distributeur, comme on le fait dans les moulins à blé. Disons aussi qu'il n'existait pas de volant sur l'arbre du cylindre, et que le mouvement aurait été nécessairement plus régulier.

MM. Baratte et Bouvet, convaincus de l'utilité de cet appareil, et des diverses applications que l'on peut en faire dans plusieurs branches d'industrie, ont demandé un brevet d'invention, et construisent aujourd'hui de ces machines sur des dimensions différentes et proportionnées d'ailleurs aux besoins et à la nature des matières employées, soit par les fabricants de noir ou raffineurs de sucre, soit par les fabricants de plâtre, etc., etc.

M. Bouvet, possédant depuis des années une belle et grande raffinerie, a été à même de reconnaître le premier les avantages de cette machine qu'il a fait monter dans son établissement, où on peut la voir fonctionner.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE 10.

Fig. 1re. Coupe verticale par l'axe de la machine et du blutoir. Cette coupe est faite suivant la ligne 1, 2 du plan.

Fig. 2. Plan général vu en dessus de la machine et du blutoir dont le coffre est supposé coupé horizontalement.

Fig. 3. Coupe transversale faite suivant la ligne 3, 4.

Fig. 4. Élévation longitudinale de la trémie et de la grille qu'elle porte.

Ces figures sont toutes dessinées à l'échelle de 1/15.

FABRICATION OU FUSION DE LA FONTE AU MOYEN DE LA VAPEUR,

PAR M. PERKINS, INGÉNIEUR A LONDRES.

L'auteur propose d'employer dans la fabrication du fer, ou dans la fusion de la fonte au cubilot, un courant de vapeur passé préalablement dans un appareil à chauffer. Il remplace donc le courant d'air chaud ou froid dont on se sert actuellement, par un courant de vapeur fortement chauffée, et il annonce avoir trouvé que la quantité de vapeur nécessaire pour élever

le fourneau à la température de la fusion de la fonte est environ de 45 kil. de vapeur pour 45 kil. de coke, et qu'avec ces quantités on a fondu, en deux heures, 225 kil. de fonte dans un fourneau dont la capacité était de 0m056 cubes. Il a aussi reconnu que, pour produire cet effet, on n'a besoin que d'un bec de 0m005 de diamètre. La vapeur dégagée sous une pression de 4 kil. 352 par centimètre carré (1) doit être chauffée à 315° centigrades avant de pénétrer dans le fourneau.

La tuyère doit avoir environ 0m051 de diamètre à l'intérieur, et s'évaser en dehors sous un angle d'environ 16°, en prenant ainsi la forme d'un cône dont la plus grande base porte 0m152 de diamètre, et qui a 0m178 de longueur. Le bec est placé à environ 0m228 de l'ouverture intérieure de la tuyère. Cette distance suffit pour que la vapeur entraîne avec elle une quantité d'air capable de fournir tout l'oxygène qui n'est pas donné par la vapeur.

On peut varier la pression, comme on le fait pour l'air, selon que l'exigent les dimensions du fourneau et les matières dont il est chargé, et l'on peut aussi employer l'air concurremment avec la vapeur.

L'auteur préfère cependant la pression déjà mentionnée (4kil. 352 par centimètre carré), mesurée sur la chaudière, et croit que les meilleures proportions à adopter pour les générateurs sont celles qui permettent le dégagement facile, sous cette pression, d'un poids de vapeur égal à celui du combustible nécessaire dans le fourneau.

Il convient d'établir, sur le tuyau qui conduit la vapeur dans l'appareil où elle s'échauffe un registre destiné à régler la quantité employée.

Le dispositif que l'auteur trouve le plus propre pour chauffer la vapeur consiste en un serpentin composé d'un tuyau de fer de 0m025 de diamètre extérieur, et de 0m015 de diamètre intérieur, entouré d'une enveloppe en fonte assez semblable à une tuyère à eau. Il suffit de 9m140 linéaires d'un semblable tuyau, pour élever à 315° centigr. la quantité mentionnée de vapeur. On peut, au reste, se servir de tout autre appareil, par exemple de ceux qui servent à chauffer l'air, et l'auteur a reconnu qu'il est même utile d'élever la température de la vapeur au-dessus de 315° centigr., ce dont on s'assure facilement, en voyant si le courant suffit pour fondre un petit morceau de plomb (2).

L'auteur pense que l'on pourrait accélérer la combustion et brûler la fumée en faisant passer un ou plusieurs jets de vapeur dans le combustible ou bien au-dessus du combustible de beaucoup de foyers.

Il fait observer qu'avant lui on a tenté d'introduire la vapeur dans les fourneaux et les foyers, et ne réclame son privilége que pour le cas où l'on chauffe cette vapeur avant de l'employer à activer la combustion.

Il propose enfin de désinfecter les huiles en y faisant passer un courant de vapeur portée à une haute température.

(1) En sus de la pression atmosphérique.

(2) Ou plutôt d'un alliage convenablement composé, car le plomb coule au-dessous de ce degré.

EXPOSITION

DES PRODUITS DE L'INDUSTRIE ALSACIENNE DE 1841 (1).

Machines de filature pour le coton. — La construction des machines pour filature de coton a fait de nouveaux progrès en Alsace, depuis l'exposition de 1838. C'est surtout dans les machines de préparation, qui sont l'âme de la filature, que l'on remarque des améliorations sensibles; aussi est-ce en grande partie à celles-ci que cette industrie doit le perfectionnement de ses produits.

La bonne combinaison d'une machine fait qu'elle remplit bien le but auquel elle est destinée : une bonne exécution la fait durer longtemps. L'industrie exige aujourd'hui que ces machines satisfassent à cette double condition.

M. Léopold Müller fils, de Thann, a exposé un métier à filer, à engrenages, une presse hydraulique à paquets, et un banc à broches surfin de 180 broches.

Les tambours du métier à filer sont en fonte et commandés par roues d'angle. La machine a cela de particulier que la transmission de mouvement entre l'arbre principal et celui des tambours est donnée par un pignon cylindrique aussi long que l'exige la translation du chariot. M. Müller s'est fait breveter pour cette innovation.

Le banc à broches qu'il a exposé est également à engrenages et destiné à la préparation des mèches pour numéros élevés. Les cylindres cannelés et de pression sont disposés de manière à ne travailler qu'avec un seul fil par table, ce qui est un perfectionnement. Il a été adopté depuis quelque temps par plusieurs constructeurs.

M. J. Grün, de Guebwiller, a envoyé plusieurs pièces détachées pour machines de filature; entre autres, un instrument à vérifier la rondeur des broches. Cet ingénieux appareil est de l'invention de M. Grün. Cet habile mécanicien, auquel la filature de coton, et surtout la fabrication des broches, doit d'importants perfectionnements, a aussi exposé un alésoir pour plates-bandes de métiers à filer, fort bien conçu, et un petit mandrin universel pour tourner les noix de broches, dont il est également l'inventeur.

M. Senn, de Mulhouse, a exposé une machine à couvrir les cylindres de pression de filature. Cet ingénieux instrument rend de grands services dans la confection des cylindres de pression, et il est devenu aujourd'hui, dans les filatures, d'un emploi en quelque sorte indispensable. C'est à une maison de construction étrangère que l'on en doit l'invention.

M. J. Gressien, ingénieur-mécanicien attaché à l'établissement de MM. Gros, Odier et Cᵉ, de Wesserling, a adressé une presse hydraulique à faire les paquets, de son invention. Elle se distingue par son petit volume autant que par l'heureuse combinaison de son mécanisme.

M. Ch. Albert, de Strasbourg, a fait connaître le produit d'une nouvelle

(1) Extrait du rapport général fait au nom d'une commission spéciale, par M. Émile Dolfus, président de la Société industrielle de Mulhouse (séance du 27 octobre 1841).

machine de préparation, récemment inventée en Angleterre, et dont il s'est procuré des échantillons. Ce sont les *mèches en bobines*, qui, par leur renvidage particulier, présentent un haut intérêt. On attribue à l'inépuisable génie de Bodmer l'invention de la machine employée à la confection de ces mèches. La machine est jusqu'à présent inconnue en France; à en juger par ses produits, elle doit offrir de grands avantages. Ce sont des bobines de forme cylindrique et de dimensions variées, suivant la grosseur de la mèche ou du boudin (car celui-ci est aussi préparé de la sorte), diffèrent de celles des bancs à broches, en ce qu'elles se dévident debout, sans que la mèche soit forcée d'imprimer à la bobine, en fer-blanc, qui la porte, un mouvement de rotation, comme c'est le cas avec celles connues jusqu'ici. Le renvidage sur ces bobines s'opère par couches superposées les unes aux autres, toujours parallèlement à la base du cylindre qu'elles représentent, et voici comment cela a lieu : la première couche s'envide sur la partie inférieure de la bobine, en forme de spirale, en partant du centre pour aller vers la circonférence, où arrivée, elle retourne au centre en formant la dernière couche, également en spirale, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la bobine ait atteint la hauteur voulue.

MACHINES DE FILATURE POUR LE LIN.

MM. A. Kœchlin et Ce ont exposé une machine à peigner en fin, connue ordinairement sous le nom de *Peter's machine*. Ce système de peigneuse est exclusivement employé dans la filature de MM. Bock, Richard et Ce, à Mulhouse, et très-répandu en Angleterre. Il paraît être un de ceux qui répondent le mieux au but de l'opération (1); les tresses de lin sont fixées entre des mâchoires en fer, et se rapprochent et s'éloignent alternativement du tambour à quatre faces, garni d'un peigne à chaque angle. On imite ainsi parfaitement le travail à la main; la même tresse passe successivement par quatre rangées de peignes de différents degrés de finesse, et le degré de peignage à exercer par chaque peigne peut en outre être réglé à volonté.

MM. A. Kœchlin et Ce ont ajouté un perfectionnement notable à cette machine, en y adaptant un tambour délivrant, garni d'un ruban de cardes, avec un peigne déchargeur pour les étoupes, de manière à ce que celles-ci se trouvent être détachées des peignes, à mesure qu'elles se forment, tout en étant à la fois classées par degré de finesse; ce qui est d'une importance majeure pour le filage de ces produits, qui forment, pour ainsi dire, la partie essentielle dans les bénéfices d'une filature de lin.

Le lin, une fois peigné, est soumis, pour être converti en fil, à une série d'opérations qui ont beaucoup d'analogie avec celles employées pour le coton, soit : étalage pour réunir les tresses en un ruban ou nappe sans fin; étirage et doublage successif; torsion de la mèche arrivée à un certain degré de finesse; enfin, étirage définitif et torsion à fond. Le batteur-

(1) Voir VIe vol. la peigneuse système Busk, construite par MM. Lacroix.

étaleur des filatures de coton se trouve remplacé par la table à étaler au premier étirage, où les tresses peignées sont formées en un ruban sans fin.

M. J. Grün a exposé une de ces machines à étaler, à deux rubans, très-bien exécutée et justifiant pleinement la réputation d'habile constructeur qu'il s'est acquise depuis longtemps. Sa machine est construite d'après le système dit *à vis*, presque exclusivement adopté aujourd'hui. La chaîne sans fin guidant les tringles porte-peignes, est remplacée par deux paires de vis superposées, placées de chaque côté de la tête. Les extrémités des tringles s'engagent dans chacun des filets des vis, de manière que le mouvement de rotation des vis supérieures fait avancer toute la série des peignes, tandis que celui des vis inférieures les fait revenir. Les mentonnets, dont les extrémités des vis sont garnis, les élèvent et les abaissent alternativement.

Le même mouvement à vis est généralement appliqué maintenant aux autres machines de préparation. S'il exige, plus que celui qu'il a remplacé, une grande précision dans l'ajustage, il remplit mieux aussi les conditions essentielles des machines à préparer, qui sont de faire avancer les peignes dans une position tout à fait horizontale, et d'en engager les dents dans les filaments, sans décrire de courbe en élevant ou descendant les tringles; enfin, d'approcher les peignes, autant que faire se peut, du centre des rouleaux de pression.

A la suite de la table à étaler de M. Grün, se présente le banc d'étirage à deux têtes, chacune de quatre rubans, construit et exposé par MM. A. Kœchlin et Ce. Ce banc provient de la filature de MM. Bock, Richard et Ce, où il avait déjà fonctionné pendant quelque temps. L'exécution est digne de la réputation que se sont acquise les constructeurs, qui, en outre, ont exposé un banc à broches de huit broches, en deux parties ou têtes indépendantes, et qui avait aussi fonctionné dans la même filature.

M. Grün a également joint à sa machine à étaler un banc à broches; mais à seize broches réunies.

Enfin, MM. N. Schlumberger et Ce, de Guebwiller, ont exposé un banc de vingt-cinq broches réunies en six parties de quatre rubans chacune, et particulièrement destiné à la préparation des numéros élevés. L'exécution de cette machine porte un rare cachet de perfection, comme, au reste, tous les produits des diverses branches d'industrie exploitées par cet établissement, qui forme dans son ensemble l'un des plus considérables de France. Ces constructeurs conduisent les broches et bobines par engrenages, et se servent du cône à expansion pour régler la vitesse des bobines.

M. Grün conduit ses broches par roues d'angle, tandis que les bobines ne sont conduites que par la mèche qui s'y enroule. MM. Kœchlin et Ce les conduisent par cordes, et également sans donner de mouvement direct aux bobines (1).

(1) Voir VIe vol. le banc à broches à bobines comprimées.

APPAREIL DU NAVIRE A VAPEUR

LE VAUTOUR

DE LA FORCE DE 160 CHEVAUX

CONSTRUIT POUR LA MARINE DE L'ÉTAT

PAR

M. Ph. GENGEMBRE

A INDRET

(PLANCHES 11 A 14)

La construction des machines pour les bateaux à vapeur est peut-être l'une des questions les plus importantes mises à l'ordre du jour, depuis que le gouvernement a donné l'élan, en commandant à plusieurs constructeurs français des appareils de grande puissance. Nous pouvons dire, à la gloire de notre pays, que, si sous le rapport du nombre des navires en activité, notre nation n'est pas au premier rang des principaux pays du monde, du moins elle a coopéré largement, soit par ses inventions, soit par ses perfectionnements, à l'amélioration des machines appliquées à la navigation à la vapeur.

Ainsi, depuis Denis Papin, qui, dès 1690, eut l'idée d'appliquer la vapeur à faire mouvoir les bateaux; depuis M. Périer qui, en 1775, en construisit un dont il fit l'essai; depuis surtout M. le marquis de Jouffroy qui en établit sur une plus grande échelle en 1778 d'abord, puis en 1781, on pourrait citer bien des ingénieurs, bien des constructeurs français qui se sont occupés de cette importante question, et lui ont fait faire des progrès remarquables.

Nous nous empressons de rapporter à ce sujet quelques faits qui ont été mentionnés en 1841 dans le compte rendu des travaux du comité de l'Union des constructeurs, pour confirmer d'une manière éclatante la supériorité des mécaniciens français sur leur sol :

« Jusqu'en 1839, dix-neuf bateaux à vapeur, de construction anglaise, munis de machines à basse pression, exploitaient le transport des voyageurs sur le Rhône. Leur force moyenne était de 60 à 80 chevaux. Le transport des marchandises avait lieu par le halage. Des entreprises se for-

mèrent alors pour transporter les marchandises en remonte au moyen de bateaux à vapeur de 120 à 180 chevaux. Quatre bateaux anglais et quatre bateaux français entrèrent en concurrence, et la supériorité de ces derniers, quant au choix du système des machines, la vitesse de marche et l'économie du combustible, n'a pas un seul instant été douteuse.

« La remonte du Rhin, de Strasbourg à Bâle, avait été regardée jusqu'à présent comme impossible; les bateaux construits en Angleterre avaient échoué dans leurs essais : ils s'arrêtaient à Strasbourg. Le problème a cependant été résolu, dès la première tentative, par un constructeur français, et une navigation s'y est établie de prime-abord dans d'excellentes conditions. Ce constructeur avait acquis une grande expérience par sa lutte avec les systèmes étrangers sur d'autres rivières, sur la Seine particulièrement, où il avait assuré, après de grands efforts, la supériorité des machines françaises.

« Enfin l'établissement d'une ligne de bateaux à vapeur de Nancy à Trèves, sur la Moselle et la Meuse, est une des plus hardies entreprises dues au génie français; les constructeurs anglais et allemands, qui ont semé le Rhin de belles et puissantes machines, avaient reculé devant les difficultés d'une navigation qui fait, pour ainsi dire, remonter les eaux du Rhin jusque dans le cœur du territoire français. Ce sont les constructeurs de Nantes et de la Loire qui ont résolu la difficulté. »

Il ne nous appartient pas de faire ici l'historique de toutes les améliorations successives qui ont été faites dans cette industrie, soit en France, soit en Angleterre; cependant nous croyons qu'il convient de donner la description de quelques appareils construits dans ces deux pays.

Nous avons rendu et nous aurons encore à rendre compte des grands appareils construits par MM. Cavé, Gache frères, Mageline frères, etc., et nous sommes persuadé d'avance, par les bonnes machines que ces habiles mécaniciens ont déjà fournies au gouvernement et à des sociétés particulières, que leurs appareils ne le céderont en rien, sous le rapport de l'exécution, à ceux confectionnés à l'étranger. On sait aujourd'hui que les moyens de bien faire ne manquent pas dans notre pays, seulement il faut vouloir. Et malheureusement ce vouloir n'arrive pas assez tôt; il en résulte que nous sommes souvent en arrière, quoique nos ingénieurs et nos constructeurs aient, des premiers, donné les idées primitives, les bases fondamentales.

Quoi qu'il en soit, les constructions de l'État ont été données à peu près exclusivement aux ateliers français. Nous sommes persuadé que ces douze millions de commandes ont été un heureux événement, surtout après avoir vu de si près le moment où l'industrie française devait en être sevrée. Les constructeurs ont compris, ont voulu comprendre que ces commandes devaient avoir pour conséquence de naturaliser la fabrication des grandes machines aussi complétement en France qu'elle l'est en Angleterre ; et ils ont, en raison de ces commandes, agrandi leurs ateliers, augmenté leur

outillage; on estime que l'ensemble des dépenses faites à cette occasion a excédé deux millions.

En traitant aujourd'hui des bateaux à vapeur, nous commencerons à parler des derniers travaux de M. Ph. Gengembre, dont la vie entière a été consacrée à l'étude et à la construction des machines, et qui, dans les dix dernières années de sa belle carrière, s'est principalement occupé des appareils appliqués à la navigation à la vapeur. Parmi ces appareils, nous citerons *l'Africain*, bateau de 40 chevaux, dont les machines sont à moyenne pression, sans condensation; *le Pélican*, navire de 160 chevaux, monté en 1830 et composé de quatre machines accouplées, et dont chaque couple commande une paire de roues; *le Vautour*, que nous allons décrire, et dont les machines, qui ont chacune une puissance de 80 chevaux, sont aussi entièrement de sa composition (1).

Si cet appareil, qui date déjà de plus de quinze ans, n'est pas aujourd'hui en première ligne sous le rapport de sa bonne disposition et surtout de la facilité de la manœuvre, il prouve au moins que son auteur était un homme de génie, qui, s'il avait vécu, aurait doté son pays de véritables et bonnes machines françaises.

On doit encore à M. Gengembre le projet d'un appareil à quatre cylindres, portés sur une seule plaque de fondation et disposés de manière que chaque couple recevait la vapeur par un seul tiroir de distribution. Les tiges des pistons, réunies par des traverses, communiquaient leur mouvement par des triangles à l'arbre moteur des roues. Le principal but de l'auteur, en projetant un tel appareil sur une puissance de 220 chevaux, était de lui faire occuper moins de place dans le navire et aussi d'en réduire notablement le poids et les dimensions des cylindres à vapeur. Il n'avait qu'une seule pompe à air placée au centre même de l'appareil. Une réduction du tracé original de ce projet, signée par M. Ph. Gengembre même, et datée de février 1834, à Indret, a été publiée en 1840 dans un bulletin de la Société d'Encouragement. On s'occupe depuis quelques années, en France et en Angleterre, de projets analogues, et il est probable qu'avant peu il sera mis à exécution dans ces deux pays.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DU VAUTOUR.

PLANCHES 11, 12, 13 et 14.

APERÇU GÉNÉRAL. — Lors du projet de l'établissement de cet appareil, sur la demande du ministère de la marine, le problème que M. Gengembre eut à résoudre fut celui de composer des machines dont la puissance pût être, à volonté, augmentée ou diminuée selon la résistance de chaque

(1) Nous devons à l'obligeance de madame Gengembre d'avoir bien voulu nous communiquer tous les dessins de cet appareil, et à M. Manzeon, qui l'a monté et conduit pendant plusieurs mois, les documents précis qui nous ont servi à la description que nous avons essayé d'en donner avec les observations judicieuses que cet habile mécanicien nous a adressées.

état de la mer. Il adopta, à cet effet, un système de *détente variable* de la vapeur. Ce système est souvent difficile à appliquer, surtout dans les machines de marine d'une forte dimension, à cause de la plus grande complication qu'exige le mécanisme.

La première disposition que M. Gengembre construisit d'abord pour produire cette détente variable, n'est pas celle qu'il adopta plus tard, il craignit qu'elle ne pût résister aux chocs qu'elle éprouvait. Le dernier mécanisme, qui est celui représenté sur les dessins (pl. 13), remplit bien l'objet de donner une détente variable; mais, nous devons l'avouer, il est assez compliqué, et il ne permet de marcher à expansion que jusque vers la moitié de la course du piston.

M. Gengembre crut devoir établir deux paires de tiroirs à chaque cylindre; les deux premiers pour admettre et intercepter la vapeur, et les deux autres pour la livrer au condenseur pendant toute la course du piston. Il donna à ces tiroirs une forme cylindrique creuse, pour que la vapeur, venant occuper son intérieur, puisse également presser sur tous les points de sa surface. Ils exigent alors une grande justesse dans leur boîte, et pour suppléer soit à l'usure soit au défaut d'exécution, il dut nécessairement disposer des coins qui permissent de les régler à volonté.

M. Gengembre voulant éliminer la lourde charpente en fonte sur laquelle reposent ordinairement les axes des roues, et qui sert de bâtis à tout l'appareil, préféra accrocher ces axes au pont du navire, en les soutenant par des colonnes. Comme il prévoyait une certaine flexion de la part des pièces de charpente en bois contre lesquelles il dut s'appuyer, il fit des articulations en haut et en bas de ces colonnes, afin de leur permettre un petit mouvement dans le sens longitudinal du navire. Avec cette disposition il adopta le système de balancier et de parallélogramme d'Oliver Evans. Nous dirons plus loin les inconvénients que présente une telle disposition.

Les chaudières à vapeur qu'il appliqua à son appareil sont cylindriques et renferment un certain nombre de tubes, dont les plus petits n'ont pas moins de 0m080 de diamètre. Cette disposition lui a permis d'avoir ainsi une grande surface de chauffe sous le moindre volume possible. Ces chaudières, au nombre de six, sont entièrement en cuivre et sont chauffées par quatre foyers placés dans l'intérieur même de celles inférieures. Elles devaient marcher à une pression de 2 atmosphères.

On sait que l'eau de la mer contient environ 0,035 de son poids de différents sels, et comme l'évaporation n'enlève que l'eau seulement, il est évident que, la dissolution devenant de plus en plus concentrée, il y aurait bientôt saturation et dépôt si l'on n'extrayait de temps à autre une partie de cette eau surchargée, pour la remplacer par de nouvelle. Le moyen généralement employé à cet effet est de laisser échapper par un robinet, toutes les deux heures, par exemple, une certaine quantité d'eau, telle qu'en son volume elle contienne autant de sels qu'il en arrive dans un volume triple du sien dans la chaudière. Cette manière d'opérer a le défaut,

d'une part, de produire des changements de niveau trop brusques et considérables dans la chaudière, et de l'autre d'occasionner des oublis dangereux. M. Gengembre, voulant éviter ces inconvénients, se proposa d'établir un écoulement continu, ou du moins continuel avec de petites intermittences, par le mouvement même de sa pompe alimentaire. Nous expliquerons l'ingénieux appareil qu'il a conçu pour remplir ce but, et qui, s'il n'a pas eu tout le succès désirable, prouve au moins combien cet esprit inventif travaillait pour arriver à l'amélioration des machines.

Les deux machines dont se compose l'appareil du navire *le Vautour* sont exactement semblables et en communication par l'arbre des manivelles; il nous suffira donc de décrire l'une d'elles, celle de *babord*, par exemple, qui est vue en projection verticale sur la pl. 13, en coupe longitudinale sur la pl. 11, et en plan fig. 9, pl. 14.

Cylindre a vapeur et tiroirs de distribution. — Le cylindre à vapeur a exactement le même diamètre (1m22 intérieurement) que celui des machines du navire *le Sphinx*, quoique destiné à recevoir de la vapeur à une pression sensiblement plus élevée que dans ces dernières. Ainsi, au maximum de marche de l'appareil, cette pression est mesurée par une colonne de mercure de 75 centimètres en sus de la pression atmosphérique. Ce cylindre à vapeur, représenté en A sur les fig. 1, 2, 8 et 9, pénètre par sa partie inférieure d'une certaine quantité dans la plaque de fondation C, sur laquelle il est solidement boulonné. Le fond de ce cylindre est fondu avec lui et se trouve renforcé par des nervures extérieures. Une large ouverture centrale y a été ménagée pour donner passage à l'arbre alésoir; cette ouverture est fermée par le bouchon en fonte *a* qui s'y trouve mastiqué.

De chaque côté, en regardant vers l'avant du bâtiment, sont les boîtes de distribution et d'évacuation B et B′ (fig. 2). L'une, la première B, contient les tiroirs à vapeur *b* qui interceptent ou établissent la communication avec le cylindre par les orifices d'introduction b', ils sont réunis par une même tige verticale *c*. La seconde B′ renferme les tiroirs au vide b^2, d'une dimension plus grande que les précédents, et par lesquels les orifices b^3, également pratiqués aux extrémités du cylindre, sont mis en communication avec le condenseur. Ces tiroirs sont aussi liés à une même tige verticale c', par laquelle ils reçoivent leur mouvement alternatif.

On voit, par la coupe transversale, fig. 3 (pl. 12), et les détails, fig. 4 et 5, que les boîtes et les tiroirs sont cylindriques. Les premières sont en fonte de fer, alésées dans une partie de leur hauteur; les derniers sont en bronze et tournés avec soin à l'extérieur. Le constructeur, voulant prévenir le défaut accidentel de justesse dans l'exécution, ou de l'usure après un certain temps de travail, composa chacun de ces tiroirs d'un anneau cylindrique d'égale épaisseur, et fendu suivant une génératrice (fig. 5 et 6, pl. 12). Dans cette fente il a introduit un coin d', portant une oreille traversée par une vis de pression, à l'aide de laquelle on tend à écarter les deux

parties de l'anneau, et par suite à les faire coller contre la boîte. Mais, comme nous venons de le dire, cet anneau étant de même épaisseur dans toute son étendue, ne peut jamais augmenter de diamètre, par l'effet du coin, suivant la ligne verticale qui passerait par bd' (fig. 5). il fléchit sur le point diamétralement opposé à d' plus qu'en tout autre point, et tend à prendre une courbure telle que $b'' b''$ qui ne coïncide plus avec le cercle intérieur de la boîte. Ces tiroirs, surtout ceux de distribution b, auraient dû avoir une forme d'égale résistance, c'est-à-dire plus mince du côté du coin que vers la partie opposée, comme on l'a supposé fig. 7, afin que la courbure extérieure, en s'ouvrant dans la boîte, restât un cercle. Voici ce que nous a écrit à ce sujet M. Mangeon, qui a suivi avec tant de zèle et de persévérance les premiers essais de ce paquebot :

« L'épaisseur donnée à ces tiroirs est de 2 centim. : elle était suffisante; « car la vapeur les ouvrait et les faisait coïncider si fortement contre leurs « boîtes que quelques parties du mécanisme qui les faisait mouvoir se sont « tordues. Une fois qu'ils étaient décollés, ils sautaient plus loin que le « levier k' (fig. 8, dont nous parlerons plus loin) ne les conduisait ; attendu « que, quand ce dernier est sorti de l'encoche qui termine la tige l', ils « sont abandonnés à eux-mêmes. Avant de mettre en marche, les tiroirs « se dilatant plus tôt que les boîtes, il n'était plus possible de les mouvoir, « à moins de le faire graduellement avec la formation de la vapeur; on « s'exposait par là à échauffer le condenseur ou à le remplir d'eau. Sou- « vent, en partant de Toulon pour Alger, les tiroirs étaient bien réglés et se « mouvaient avec justesse; mais, arrivés à la hauteur des îles Baléares, vingt- « quatre heures après notre départ, ils prenaient une dureté telle qu'il fallait « suspendre la marche pour les sortir de leurs boîtes, et enlever, avec une « peine extrême, une croûte de sel calcaire qui y adhérait fortement, la- « quelle s'était insinuée entre les deux parties et les *coïnçait* d'une ma- « nière incroyable. A chaque arrivée cela avait lieu, et pour sortir les ti- « roirs des boîtes, il fallait desserrer les coins, qui, n'étant plus exactement « resserrés comme ils l'avaient été primitivement, obligeaient, au moment « du départ, d'ouvrir les boîtes pour les resserrer avec tâtonnement, ce qui « causait de grands désagréments. Ayant remarqué, ajoute M. Mangeon, « que les tiroirs au vide n'éprouvaient jamais cet inconvénient, je reconnus « que la graisse du piston, s'échappant avec la vapeur pour aller au con- « denseur, mettait un obstacle à cette adhérence, car les tiroirs étaient « gras. Je conseillai à M. Gengembre d'appliquer aux tiroirs d'admission « de petites pompes foulantes à graisse; il me chargea même d'en faire le « tracé : malheureusement elles n'ont pas été exécutées. »

COUVERCLE DU CYLINDRE ET SOUPAPES DE PURGATION. — Le cylindre à vapeur est fermé à sa partie supérieure par un couvercle de fonte A' renforcé par des nervures, et dans lequel sont ménagées les ouvertures supérieures qui communiquent avec les boîtes B et B'. Une enveloppe de cuivre mince surmonte ce couvercle comme dans de certains appareils, et entoure

le cylindre soit d'une cheminée en fonte, soit simplement d'une enveloppe en bois. Au centre du couvercle est le stuffingbox, qui est traversé par la tige du piston.

Deux soupapes de sûreté p^2 (fig. 1, pl. 11) sont appliquées au cylindre, pour servir à évacuer, avant la mise en train, toute l'eau produite par la vapeur condensée. L'une est adaptée à la partie latérale inférieure du cylindre, l'autre sur son couvercle supérieur. Elles sont toutes deux chargées d'un poids qui est accroché à l'extrémité des leviers p^3, par lesquels on peut les ouvrir à la main. Une troisième soupape, placée sur la plaque de fondation entre la pompe alimentaire T et les colonnes P, sert aussi à purger la boîte à vapeur avec laquelle elle est en communication et le cylindre avant la mise en train; cette soupape, que l'on n'a pu représenter sur les dessins, s'ouvre aussi à la main, au moyen d'une tige à poignée x qui s'élève à plus d'un mètre au-dessus de la plaque C (fig. 8, pl. 13).

Piston a vapeur et sa tige. — La construction de ce piston est semblable à celle du piston du *Sphinx* et de la plupart des machines à basse pression appliquées aux bâtiments à vapeur. Il est fondu d'une seule pièce F, creuse à l'intérieur, seulement quelques ouvertures latérales y ont été préalablement ménagées pour permettre d'enlever tout le sable qui la remplissait. Son rebord extérieur doit former gorge pour recevoir la garniture de chanvre que l'on presse fortement à l'aide de la bague circulaire F', laquelle est ajustée sur le corps du piston et fixée par des vis de pression f', qui se taraudent dans des écrous en fer rapportés. Ces vis ont leur tête carrée, et un cercle de fer f, qui repose sur la bague F', s'appuie contre elles, pour les empêcher de se desserrer pendant la marche. Des constructeurs ajoutent aujourd'hui aux pistons, de chaque côté de la garniture de chanvre, une rangée de segments métalliques poussés par des ressorts. Cette addition, qui est surtout très-bonne pour les grands pistons, ménage beaucoup la garniture et la fait durer bien plus longtemps.

Le piston est percé à son centre d'une ouverture conique qui est occupée par sa tige e, laquelle y est solidement tenue au moyen d'une forte clavette en fer e'. Cette tige est cylindrique sur tout le reste de sa longueur et porte 0m125 de diamètre.

Condenseur et pompe a air. — La plaque de fondation C, sur laquelle est fixé le cylindre, sert aussi, en partie, de réservoir pour l'eau de condensation. On voit, en effet, par la coupe verticale, fig. 1, qu'elle forme une espèce de canal dont l'extrémité s'assemble avec le condenseur D qui paraît n'en être, pour ainsi dire, que le prolongement. Ce condenseur est fondu d'une seule pièce avec le corps de la pompe à air E, et est en communication directe avec la boîte au vide B'. Le constructeur a cru devoir adopter ce mode d'exécution, qui est évidemment plus difficile pour le fondeur, afin d'éviter les assemblages qui sont toujours moins certains.

A l'intérieur du condenseur est un tuyau de cuivre D' qui doit y amener constamment de l'eau froide venant de la mer. L'extrémité de ce tuyau

est percée de plusieurs orifices disposés en lames, qui projettent l'eau dans la capacité D; il est aussi muni d'un robinet dont on règle l'ouverture à volonté, au moyen d'une clef dont la tige D^2 se prolonge à l'extérieur, où elle porte un index (fig. 8, pl. 13).

Dans le corps de la pompe à air est ajustée une chemise cylindrique en cuivre sur laquelle l'état corrosif de l'eau de la mer a beaucoup moins d'action que sur la fonte. Pour permettre d'aléser l'intérieur de ce corps de pompe, on a aussi ménagé au fond du condenseur une ouverture circulaire qui a donné entrée à l'arbre alésoir; elle est fermée exactement par un bouchon R^2, qui s'y trouve mastiqué avec soin. La communication est établie entre le condenseur et la pompe à air par le canal R', qui est alternativement ouvert et fermé par le clapet en bronze o^3. A sa partie supérieure se trouve aussi un second clapet o^4, de même dimension que le précédent, et qui soutient la colonne d'eau de condensation élevée par le piston de cette pompe dans la bâche en fonte S. Une faible portion de cette eau est prise par la pompe alimentaire; mais la plus grande partie s'échappe par le tuyau latéral S' qui la retourne à la mer, et la vapeur légère qui s'en dégage s'élève dans le conduit vertical en cuivre S'', d'où elle se rend en dehors par le tube recourbé S^3.

Piston de la pompe a air. — Tout le corps de ce piston est aussi fondu d'une pièce en cuivre R, à jour à l'intérieur pour donner passage à l'air et à l'eau de condensation pendant qu'il descend. Il est muni de deux clapets o'' également en cuivre, et renforcés au milieu par une nervure élevée qui, en venant butter contre un arrêt placé au centre, limite leur course, et par suite l'ouverture par laquelle l'eau trouve son issue. La garniture de ce piston est une tresse en chanvre qui s'enveloppe sur sa gorge circulaire et qui est serrée par une bague en cuivre et des vis de pression. Au centre est un trou fileté pour recevoir le bout taraudé de la tige cylindrique q, qui se fait souvent en cuivre rouge. Elle traverse la boîte à étoupe dont le couvercle E' de la pompe est surmonté.

On sait que, lorsque ce piston s'élève, le premier clapet o^3 s'ouvre par l'effet de l'aspiration, et livre passage à l'eau d'injection et à la vapeur condensée par elle, ainsi qu'à l'air qu'elle renferme. Lorsqu'il descend, au contraire, le clapet o^3 se ferme; mais ceux du piston s'ouvrent à leur tour, et l'eau de condensation remplit le corps de pompe d'où elle se rend bientôt dans le canal supérieur S, en soulevant le clapet o^4, aussitôt que le piston remonte.

Soupape de purgation du condenseur. — A la partie inférieure, et près de la pompe à air, est placée une soupape conique en cuivre p, qui repose sur un siège en cuivre et qui est munie d'une clef, dont la poignée se trouve au-dessus des carlingues. Cette soupape, que l'on ouvre ainsi à la main, sert à purger le condenseur avant la mise en marche de la machine.

Pour guider la tige de la soupape, M. Gengembre ajusta dans la plaque D (fig. 1, pl. 11), une bague en cuivre p', traversée par cette tige

et sur laquelle repose un plateau circulaire qui forme la base de la poignée. Cette disposition très-simple eut cependant un inconvénient très-grave dans l'une des premières traversées du navire de Toulon à Alger : sur le plateau de la soupape de la machine de tribord s'était engagé un morceau de charbon de 5 à 6 millimètres de diamètre, qui tenait la soupape levée, de sorte que l'eau en sortait et l'air y entrait. De même, sous celui de la soupape de babord, il s'en trouvait deux morceaux de même grosseur. La fig. 10 (pl. 14), montre bien comment ces morceaux étaient pris. Quand on passe le charbon des soutes de l'avant aux fourneaux, il s'en amasse une grande quantité au pied de l'échelle, et comme on est obligé de marcher dessus, il se brise et s'introduit dans les plus petits espaces; le plateau de la soupape ne portant pas fortement sur la plaque de fondation, afin que cette soupape ne soit pas gênée, cette contrariété est presque inévitable. Sans la présence d'esprit de M. Mangeon, qui était alors à bord du navire, cet accident eût pu devenir très-grave; car on conçoit sans peine que les machines ne fonctionnaient plus, à peine pouvaient-elles faire 3 a 4 tours par minute. Aussitôt que ces obstacles furent levés, les soupapes fermées, les machines prirent leur élan. On voit donc combien il est de grande importance de veiller aux soupapes de purgation, pour qu'elles ne laissent aucune fuite pendant la marche de l'appareil. Pour éviter l'inconvénient que nous venons de signaler, M. Mangeon proposa alors de refaire le guide de la soupape en appliquant un manchon qui s'emboîte exactement sur la bague, comme l'indique la fig. 11, pl. 14.

Transmission de mouvement. — Sur le sommet de la tige du piston à vapeur est ajustée une douille en fonte f^2 et tenue par des clavettes; cette douille est munie de deux coussinets de bronze f^3, qui entourent le tourillon G′, par lequel la tige est assemblée aux deux balanciers en fer corroyé G. M. Gengembre, voulant éviter la disposition des balanciers placés à la partie inférieure des machines, crut devoir adopter le système d'Oliver Evans, dans lequel le balancier n'a aucun point fixe; et lorsqu'il est convenablement guidé, son extrémité, à laquelle on attache directement la tige du piston, décrit sensiblement une ligne droite dans la longueur de la course.

Mais il faut que les balanciers soient soutenus à l'autre extrémité par un châssis mobile H, qui peut légèrement osciller sur son axe inférieur h, afin d'obéir au petit mouvement de translation que les balanciers prennent pendant la marche. L'axe inférieur du châssis est porté par des paliers h', munis de coussinets et fixés sur la partie du condenseur qui forme le prolongement de la plaque de fondation (fig. 1). L'axe supérieur h^2 est également reçu par des coussinets dont le châssis est muni à son sommet, mais il est fixe avec l'œil des balanciers. Le parallélisme de ces derniers est maintenu par des bandes de fer rigides g, qui se boulonnent entre elles. Ils sont traversés au milieu de leur longueur par un axe en fer f'', terminé par des tourillons, sur lesquels s'assemble par articulation le bout des liens

ou guides en fer I. L'autre extrémité de ceux-ci est mobile sur des goujons fixes g^2, qui sont exactement placés dans la ligne verticale que doit parcourir la tige du piston. Pour qu'on puisse rigoureusement régler la longueur de ces guides, leur tête, qui embrasse les goujons et qui est en bronze, est rapportée à vis à leur extrémité.

Dans un tel système, il est de la plus grande importance de soutenir les points fixes g^2, d'une manière solide et invariable. Le constructeur a adopté à cet effet la disposition suivante. Voulant, autant que possible, arriver à simplifier, sinon à supprimer complétement la construction du bâti de fonte, il a pris ses points d'appui sur le cylindre à vapeur même. Ainsi, il a adapté à la partie supérieure de ce cylindre, des colonnettes en fer J', qui se relient entre elles, par le haut, au moyen d'une pièce elliptique J, à laquelle sont ménagées des oreilles qui reçoivent les goujons g^2. L'axe f'' décrit donc un arc de cercle autour de ces points comme centres, celui h^2 en décrit un autre très-court autour de h, et l'extrémité G' parcourt une ligne verticale dont la longueur est déterminée par la course du piston.

Avec ce système, comme avec celui du balancier oscillant sur un axe qui traverse son milieu, il faut que la longueur totale du balancier soit égale à trois fois environ la course entière du piston à vapeur, sans quoi l'angle qu'il décrirait deviendrait trop grand, et son extrémité G' s'écarterait de la verticale.

Deux bielles pendantes K, en fer forgé, sont suspendues à des goujons très-courts K' fixés aux balanciers, et se réunissent à leur partie inférieure par un axe K² (fig. 1 et 9), au milieu duquel est aussi adaptée la longue bielle M. C'est par celle-ci que le mouvement du piston est transmis aux manivelles et par suite aux arbres des roues (fig. 2). Chacune de ces bielles est munie à ses extrémités de coussinets en bronze que l'on resserre à propos par des vis ou par des clavettes. L'axe K², qui les réunit, sert en même temps à les lier aux balanciers de fonte L, qui doivent transmettre le mouvement au piston de la pompe à air, et à celui de la pompe alimentaire. Ces balanciers ont leur point fixe sur l'axe L', qui est porté par des coussinets rapportés sur le condenseur.

Les manivelles N et N', qui reçoivent l'action de la bielle unique M, sont forgées avec les arbres mêmes dont elles forment le coude. L'axe qui les assemble est fixe dans leur manneton ; des plateaux rapportés à l'extérieur par des vis en cachent le joint; et la tête M' de la bielle, qui est en cuivre, tourne librement autour de cet axe, dans la circonférence qu'il parcourt. La première manivelle N fait corps avec l'arbre de couche principal O, qui réunit les deux machines, et la seconde N' appartient à l'arbre O', qui se prolonge jusqu'au dehors du navire pour porter la roue à pales.

Les coussinets des arbres O, O', sont ajustés dans de fortes chaises de fonte P', boulonnées, d'une part, contre la charpente en bois qui compose le pont du navire, et soutenues, de l'autre, par les colonnes verticales P. M. Gengembre a adopté cette disposition de points d'appui, pour éviter,

comme nous l'avons dit plus haut, la lourde charpente en fonte sur laquelle on fait ordinairement reposer les coussinets des arbres de couche, et qui augmente notablement le poids des machines. Il dut ménager des articulations vers les deux extrémités de ces colonnes, comme l'indiquent les fig. 1 et 8, afin qu'elles puissent au besoin dévier un peu dans la longueur du bâtiment. Mais, quelles que soient les précautions prises dans la construction de ce système, il ne présente point toute la solidité désirable et qui est reconnue d'une si grande importance pour des appareils de cette puissance. Ainsi, dans les forts coups de roulis, « j'observais souvent, dit « à ce sujet M. Mangeon, le mouvement latéral du pont par rapport à la « carène, et je trouvais qu'il était parfois de 1 centimètre 1/2. Les arbres y « étant fixés, il arrivait que les grandes bielles étaient tirées de cette quan- « tité à droite et à gauche, ce qui les faisait *coïncer* sur les boutons de « manivelles et les faisait échauffer constamment. »

Le tourillon des arbres O' qui se trouve du côté des manivelles est d'une forme sphérique, et se meut dans un coussinet également sphérique, afin d'obvier à l'inconvénient qui pourrait se présenter si les axes ne conservaient pas exactement leur direction rectiligne. Toutefois cette disposition, qui est d'une exécution plus difficile, n'est pas sans inconvénient; ainsi, il est arrivé que l'huile que l'on verse dans le godet du chapeau, trouvant passage entre celui-ci et le coussinet, filtrait à travers, sans se rendre au tourillon; et comme le coussinet fait toujours un mouvement, il engage encore l'huile à couler de côté, alors il fait limaille et finit par s'échauffer. Pour éviter cet inconvénient, M. Mangeon a proposé à M. Gengembre de fondre avec le coussinet un conduit traversant le chapeau et recevant l'huile ou le suif directement (1). Les autres tourillons des axes sont tout à fait cylindriques, et leurs coussinets de même. Tous ces coussinets sont recouverts par les chapeaux en fonte *i*, qui sont solidement retenus sur les chaises par quatre boulons à doubles écrous. M. Gengembre paraît avoir adopté ces doubles écrous sur toutes les parties des machines qui sont susceptibles de fatiguer beaucoup dans leur mouvement. Cependant il arrive encore parfois qu'ils se desserrent; pour éviter cet inconvénient, il est toujours plus sûr d'adapter des freins qui empêchent les écrous de se détourner.

Les pièces de charpente qui composent le pont du bâtiment sont solidement reliées entre elles par des entretoises P^2 (fig. 8), qui sont filetées sur plusieurs points afin de recevoir des écrous au moyen desquels on serre fortement les plateaux de fonte *i*, qui s'appuient latéralement contre ces pièces. Les deux machines sont aussi reliées par les tirants P^3, qui se

(1) On met quelquefois un peu d'essence de térébenthine dans l'huile qui doit servir au graissage des machines, afin qu'on ne soit pas tenté d'en manger, mais il importe de ne pas en mettre trop, pour qu'elle ne brûle pas dans les coussinets, ce qui est arrivé dans une traversée du *Vautour*, dans un moment surtout où les coussinets s'échauffaient, et où il a fallu remplacer l'huile par du suif, qui ne s'est pas consommé de même.

boulonnent contre les chaises intérieures, qui supportent l'arbre intermédiaire O, et de plus par une forte traverse et une forte corniche P^4, qui s'assemblent également, la première avec les chaises, et la seconde avec les colonnes, comme on peut le voir (fig. 2, pl. 12).

Aux balanciers de fonte L sont adaptées les petites bielles en fer forgé q^2 (fig. 8) qui se réunissent à leur sommet par une traverse q' également en fer forgé. C'est au milieu de cette dernière qu'est attachée par des clavettes la tige q du piston de la pompe à air; pour la fixer à celui-ci, elle est filetée à sa partie inférieure comme l'indique la coupe fig. 1. Mais afin que cette tige et le piston R suivent une direction verticale, pendant que l'extrémité des balanciers L décrit un arc de cercle autour de leur axe L', la traverse q' porte deux oreilles percées et traversées par les guides cylindriques q^3, qui, retenus par le bas sur le couvercle de la pompe, sont fixés par le haut à un châssis en fer q^4, lequel est boulonné sur le sommet de la bâche en fonte S (fig. 1).

Les tourillons de l'axe en fer L' qui traverse les deux balanciers L sont reçus dans des coussinets de bronze, rapportés sur les supports L^2 (fig. 8) qui sont fondus avec le corps du condenseur et de la pompe à air. C'est à l'extérieur de l'un de ces supports que l'on voit un plateau gradué D^3, sur lequel un index, monté sur la clef du robinet d'injection, indique au conducteur de la machine le degré d'ouverture ou de fermeture de ce robinet.

Mouvement des tiroirs a vapeur et a vide. — Nous avons vu plus haut que M. Gengembre a adapté au cylindre à vapeur deux boîtes renfermant chacune deux tiroirs : les uns servent à admettre la vapeur et à l'interrompre dans une partie de la course du piston, les autres à lui donner issue après qu'elle a produit son action. Cette disposition a l'avantage de faire les orifices de sortie sensiblement plus grands que les orifices d'introduction, et de les laisser constamment ouverts pendant toute la course du piston, pendant que les derniers sont interceptés plus tôt ou plus tard à volonté. Les tiroirs au vide b^2 (fig. 2) sont mis en mouvement au moyen d'un excentrique circulaire Q, comme dans la plupart des machines. Cet excentrique est en deux parties, assemblées et montées sur l'arbre intermédiaire O; sa gorge est embrassée par une bague en cuivre Q', composée de deux demi-cercles boulonnés (fig. 8, pl. 13), et assemblés avec le tirant d'excentrique Q^2, qui descend, vers la partie inférieure, s'agrafer sur le bouton d'un levier i^2, auquel il imprime un mouvement circulaire alternatif. Ce levier est monté à l'extrémité d'un axe en fer j (fig. 1), dont les tourillons sont reçus par des coussinets de bronze ajustés dans les paliers en fonte j'. Sur cet axe se trouvent fixés trois autres leviers k, k', k^2, que nous allons successivement examiner.

Le premier levier k est attaché, par articulation, à la bielle tournée l, laquelle s'assemble de même à l'autre extrémité sur l'une des branches de l'équerre en fer m, portée par l'axe m' (fig. 1). La seconde branche m^2 de cette équerre est munie de petits boutons qui s'engagent entre les

doubles écrous dont la partie supérieure de la tige c' des tiroirs au vide est garnie, et qui servent à en régler exactement la position (fig. 2).

Par cette combinaison, les tiroirs b^2 reçoivent donc un mouvement alternatif qui leur fait découvrir successivement les orifices supérieur et inférieur du cylindre. Les paliers j' de l'axe j font corps avec le châssis en fonte j^2, qui s'assemble d'une part sur la plaque de fondation, et de l'autre avec la paroi du condenseur (fig. 9, pl. 14).

Le second levier k' (fig. 8), qui obéit comme le premier au mouvement oscillatoire de l'axe j, porte la petite tige horizontale l', vers l'extrémité de laquelle est pratiquée une encoche que l'on voit sur la figure. Cette tige s'attache, par son autre bout, au grand levier Q^3, qui oscille sur son milieu, où il est traversé par un axe porté sur le bâti j^2. Au sommet de ce grand levier Q^3, s'assemble une seconde tige l^2, parallèle à la précédente, et allant se lier à la branche inférieure d'une nouvelle équerre n qui, comme la première, est munie de deux boutons engagés entre les écrous que porte également la tige c des tiroirs de distribution. Ainsi, tant que le bout du levier k' est encastré dans l'encoche de la tige l', celle-ci, et par suite l'équerre et les tiroirs, obéissent à son mouvement; mais lorsqu'il a pris une certaine inclinaison soit à droite, soit à gauche, il s'échappe de son encoche et continue son mouvement, comme l'indiquent les fig. *a* et *b*, sans agir sur la tige horizontale l'. Les tiroirs ne marchent plus : l'un découvre complétement son orifice, et l'autre, au contraire, bouche entièrement le sien.

Le troisième levier k^2, qui est encore fixe, comme nous l'avons dit, sur l'axe j, porte une petite bielle verticale l^3, destinée à transmettre son mouvement à une équerre k^3, laquelle se relie aussi à la tige horizontale l^4. Sur le prolongement l^5 de cette dernière sont adaptés deux boutons cylindriques, qui doivent alternativement venir heurter un taquet en forme de coin, fixé à la partie inférieure du grand levier Q^3.

Voyons maintenant comment, au moyen de cette double combinaison de tiges et de leviers, la détente peut avoir lieu :

Admettons, par exemple, que ce soit le tiroir inférieur qui ait découvert son orifice, ce qui suppose que le levier k' soit échappé de son encoche et marche de gauche à droite (fig. *b*). En continuant son mouvement dans cette direction, la tige horizontale l^4, qui est mue, comme on vient de le voir, par l'équerre k^3 et le troisième levier k^2, va nécessairement marcher dans le même sens de gauche à droite, et l'un des boutons dont son prolongement est muni, celui de gauche, rencontrant la camme qui est adaptée au bout du levier Q^3, le ramènera à sa position verticale, et alors le tiroir ferme son orifice. L'entrée de vapeur sera donc interrompue en ce moment. Bientôt le levier k', revenant sur lui-même, va se reprendre dans l'encoche de la tige l', et fera par suite monter les tiroirs et ouvrir l'orifice supérieur. En avançant vers la gauche, il échappera de nouveau (fig. *a*) pour permettre encore à la tige l^4, qui marchera aussi dans cette direction,

de redresser comme précédemment le levier Q^3, parce que le bouton de droite rencontrera son taquet.

Ce taquet a la forme d'un coin, comme on le voit en ponctués fig. 8; il est plus épais dans sa partie supérieure, afin de permettre de varier le degré de la détente. On conçoit, en effet, qu'en baissant ou en élevant la tige l^4, et par conséquent ses deux boutons, on établit plus ou moins de temps perdu entre les contacts de ces derniers avec le taquet, ce qui constitue plus ou moins de retard dans le redressement du grand levier Q^3, et par suite dans la fermeture des orifices.

Si l'on baisse la tige l^4 suffisamment pour que ses boutons ne puissent plus rencontrer la camme pendant le mouvement, le levier Q^3 restera incliné tout le temps que celui k' sera dégagé de son encoche, et l'orifice demeurera ouvert, ce qui donne ainsi la vapeur pendant toute la course du piston.

Le mécanisme au moyen duquel on règle la position des boutons de la tige l^4 se compose d'une douille en cuivre o (fig. 8) qui peut glisser sur un barreau cylindrique X, lequel sert de rampe autour de la machine. Cette douille est liée par articulation à un levier courbé o', qui porte un galet o^2. C'est sur ce galet que repose et coule la partie droite et dressée de la tige l^4; en poussant la douille à droite le galet s'élève et fait monter la tige, et au contraire, en le poussant à gauche, le galet baisse et avec lui cette même tige. Pour régler exactement la position de la douille, et reconnaître à peu près, suivant cette position, la détente à laquelle marche la machine, on a fait sur le barreau X quelques graduations correspondantes à différents degrés d'expansion; on maintient la douille sur l'une de ces divisions au moyen de la vis de pression dont elle est munie.

Cette disposition permet d'obtenir des détentes variables jusque vers la moitié de la course du piston; après ce point on marche à pleine vapeur. Elle ne permet pas de se rendre compte bien exactement de la longueur de la course pendant laquelle la vapeur est interceptée; cependant, si l'esprit n'est pas complétement satisfait, du moins le but n'en est pas moins bien rempli. On ne peut évidemment reprocher à ce mécanisme qu'une trop grande complication dans les pièces qui le composent, et qui ne le mettent pas suffisamment à la portée des ouvriers, qui n'ont pas toujours toute l'intelligence et toute l'attention nécessaires.

Avant de mettre la machine en marche, on doit, comme dans les autres appareils, faire mouvoir les tiroirs à la main, et pour cela on sait qu'il faut débrayer le tirant d'excentrique, ce que l'on fait en prenant la pièce courbe à poignée i^3 et en la faisant engager avec la seconde dent du buttoir i^5 qui est attachée comme elle au tirant. On peut alors faire mouvoir librement la manette i^4 et par suite les leviers k et k', qui font marcher les tiroirs à vapeur et au vide.

Il est aisé de voir par les fig. 2 et 8 que les axes m' et n', qui portent les équerres à fourche m et n, par lesquelles les tiroirs reçoivent leur mouvement, sont mobiles dans des coussinets en bronze ajustés sur des consoles

de fonte Q^4, lesquelles se boulonnent contre les boîtes de distribution et de sortie. On peut équilibrer le poids des tiroirs en adaptant à l'extérieur des axes un contre-poids tel que celui n^4, qui est suspendu à l'extrémité du levier n^3 (fig. 8).

De la pompe alimentaire. — Le corps de la pompe d'alimentation des chaudières est un cylindre en fonte T (fig. 1), boulonné sur la plaque de fondation. Il renferme un piston creux en cuivre T′, dont la tige très-courte est boulonnée à la traverse en fer r', par laquelle il doit recevoir son mouvement. Cette traverse porte à ses deux extrémités deux courtes bielles r (fig. 8) qui s'attachent aux balanciers de fonte L. Pour guider ce piston dans sa direction verticale, une tige cylindrique r^2 fixée à l'extrémité de barres rigides r^3, traverse un œil percé dans la traverse r' qui, en montant ou en descendant, glisse le long de ce guide.

Un canal en fonte s établit une communication de la pompe alimentaire avec le fond de la cuvette S (fig. 1). Il renferme deux soupapes coniques t, t' : l'une, la première, s'ouvrant de bas en haut, donne entrée à l'eau dans le corps de pompe, lorsque son piston s'élève; son jeu est réglé au moyen d'un buttoir fixé au couvercle t^2, adapté sur la chapelle pour permettre de la visiter. L'autre soupape t', s'ouvre de haut en bas, lorsque la pression qui s'exerce sur elle est plus grande que la tension du ressort t^3 qui la maintient fermée. Elle sert, comme on le voit, de soupape de sûreté. Une large ouverture U est pratiquée à la partie inférieure du corps de la pompe, pour donner issue à l'eau que refoule son piston et qui se rend dans le tuyau horizontal U′, à l'extrémité duquel elle fait ouvrir une soupape, dont nous verrons la disposition plus loin (en parlant du mécanisme d'exhaustion), pour de là se rendre dans les chaudières à vapeur.

Une pompe d'épuisement Z (indiquée fig. 8 et 9), dont le piston est mis en mouvement par le balancier en fonte L, est destinée à enlever l'eau de la cale du navire. Elle est munie de deux clapets dont l'un communique avec le tuyau d'aspiration qui plonge dans la cale, et l'autre avec un second tuyau qui s'élève le long du vaigrage jusqu'à la ligne des baux du pont.

Une autre pompe à deux corps, mue de dessus le pont par une brimballe et placée à l'avant des machines, peut servir, au moyen d'un robinet à quatre ouvertures, à vider et à remplir la chaudière; elle sert également dans des cas d'incendie et au besoin pour laver le pont.

Nous donnons plus loin les dessins et la description complète de ces pompes et de leurs accessoires.

Nota. — On a dû voir, sur la fig. 8, une soupape d'admission a' renfermée dans la boîte de distribution B, et dont on règle l'inclinaison à volonté à l'aide d'une poignée a^2, montée sur son axe.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES 11, 12, 13 ET 14.

Pl. 11, fig. 1. Coupe verticale par l'axe de l'une des machines du *Vautour*, celle placée du côté du bâbord du navire.

Pl. 12, fig. 2. Vues d'ensemble de l'appareil : à gauche on voit en projection latérale la machine de bâbord, et à droite, en coupe transversale, la machine de tribord; cette coupe est faite par l'axe des tiroirs suivant la ligne 5-6 du plan fig. 9, pl. 14. On y a supprimé la pompe à air, le condenseur et ses accessoires, pour laisser voir le châssis oscillant qui est à l'extrémité de la machine.

Fig. 3. Coupe verticale par l'axe de l'une des boîtes à vapeur suivant 1-2.

Fig. 4. Section horizontale de cette boîte faite à la hauteur de la ligne 3-4.

Fig 5, 6 et 7. Détails de l'un des tiroirs de distribution.

Pl. 13, fig. 8. Vue longitudinale de la machine de bâbord, et coupe verticale du pont du navire.

Pl. 14, fig. 9. Projection et coupe horizontale de la même machine.

Toutes ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/20 *ou cinq centimètres pour mètre. Les deux machines étant exactement semblables, les mêmes lettres se rapportent aux mêmes pièces.*



NOTICE INDUSTRIELLE

RAPPORT FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, PAR M. LAMÉ,

SUR UN MÉMOIRE DE M. CLAPEYRON, RELATIF A L'EMPLOI DE LA DÉTENTE ET AU RÈGLEMENT DES TIROIRS DANS LES MACHINES A VAPEUR, PRINCIPALEMENT DANS LES LOCOMOTIVES.

On pourrait croire, au premier abord, qu'il s'agit uniquement ici de cette disposition connue sous le nom d'*avance du tiroir*, et dont les avantages ont été analysés dans diverses publications; mais, comme on va le voir, le problème pratique que s'est proposé M. Clapeyron, et qu'il a résolu, est plus général et plus important. Pour faire concevoir en quoi consiste ce ploblème, quelques détails préliminaires sont indispensables.

Dans toute machine à vapeur, une des faces du piston, dans une double oscillation qui correspond à une révolution complète du volant, traverse quatre périodes distinctes dont les durées relatives ont une influence capitale sur le travail transmis. Lors de la première, la face du piston est en communication avec la vapeur dans la chaudière, et marche en général dans le sens de la pression qu'exerce cette vapeur. Plus tard, la communication

avec la chaudière est interrompue; la vapeur renfermée entre le piston et l'appareil distributeur agit par détente; c'est la deuxième période. La troisième commence à l'instant où la communication s'ouvre, soit avec le condenseur, soit avec l'atmosphère, et finit au moment où cette communication est interrompue; le mouvement du piston est alors ordinairement rétrograde. Enfin la quatrième période s'étend depuis le moment où la communication se ferme avec le condenseur, jusqu'à celui où la communication s'ouvre avec la chaudière; pendant cet intervalle de temps, la vapeur, d'abord à la pression du condenseur, reste emprisonnée entre le piston et l'appareil de distribution, et peut même éprouver une certaine compression. Pour simplifier, nous appellerons ces quatre périodes: *période d'admission, période de détente, période d'échappement* ou *d'évacuation*, enfin *période de compression*.

Si l'on représente par une ligne droite, considérée comme axe des abscisses, l'espace décrit par le piston, si l'on élève des ordonnées représentant chacune la pression éprouvée en son lieu par la face du piston que l'on considère, tant lors du mouvement direct que lors du mouvement rétrograde, les extrémités de ces ordonnées décriront une courbe rentrante ou un polygone fermé, et le travail transmis par la vapeur sera représenté par l'aire de ce polygone.

Cela posé, le meilleur règlement du tiroir ou la meilleure distribution sera réalisée, si l'on peut rendre l'aire dont il s'agit au maximum, pour une même quantité de vapeur fournie par la chaudière. C'est le but que M. Clapeyron s'est proposé d'atteindre par de nombreuses recherches théoriques et pratiques. Attaché pendant longtemps comme ingénieur en chef aux chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), son attention s'est particulièrement fixée sur les machines locomotives. Mais avant d'exposer le résultat de ses travaux, il importe de rappeler à quel point en était la question quand il l'aborda à son tour.

Il y a huit ou dix ans, la plupart des constructeurs de machines locomotives étaient dans l'habitude de donner à la partie de la paroi du tiroir qui forme une sorte de soupape glissante, et que l'on désigne dans les ateliers par l'expression singulière de *bride du tiroir*, une largeur ou épaisseur précisément égale à la lumière de communication avec le cylindre. Par cette disposition primitive, lorsque le piston est à l'extrémité de sa course, le tiroir est au milieu de la sienne, et sa bride recouvre exactement la lumière. La période d'admission dure alors tout le temps du trajet direct du piston, la période de détente est nulle; la période d'échappement dure autant que le mouvement rétrograde du piston: enfin la période de compression est nulle.

Le polygone fermé, dont l'aire représente le travail transmis, quand on néglige la contre-pression reconnue plus tard, se réduit alors à un rectangle dont les côtés horizontaux sont la course même du piston, et dont les côtés verticaux représentent la différence entre la tension initiale de la vapeur

et la pression dans le condenseur ou l'atmosphère. C'est, au reste, la traduction géométrique de la formule admise dans la théorie ordinaire de la machine à vapeur sans détente.

Mais les praticiens avaient reconnu, depuis longtemps, que la machine locomotive gagne en puissance, et économise en combustible, lorsque, sans rien changer au tiroir, on fait tourner, à demeure, l'excentrique qui dirige son mouvement sur l'essieu coudé, de telle sorte que l'admission de la vapeur et son évacuation, au lieu de commencer précisément au moment où le piston atteint le point mort, précèdent cet instant d'une certaine quantité. Cette disposition s'était introduite dans les ateliers sous le nom d'*avance du tiroir*. Elle était établie sur les machines locomotives importées d'Angleterre, en 1837, pour le service du chemin de fer de Saint-Germain.

L'explication des avantages qui résultent de cette disposition n'était pas un mystère : on savait que l'avance du tiroir a pour effet de diminuer l'influence de la contre-pression, qui, dans le règlement sans avance, a lieu pendant tout le temps qui s'écoule entre l'ouverture de la lumière d'échappement et l'instant où l'équilibre de pression s'établit entre la vapeur qui a accompli son travail et le condenseur ou l'atmosphère. En outre, on s'était aperçu que *l'avance* introduisait la vapeur sur une des faces du piston, avant que cette face eût atteint le fond du cylindre, et l'on avait paré à cet inconvénient en accroissant la bride du tiroir de quelques millimètres du côté de la chaudière, ou en lui donnant un faible recouvrement extérieur.

L'avance du tiroir est mentionnée dans la première édition de l'ouvrage de M. de Pambour sur les locomotives.

Plus tard cette disposition a été l'objet de recherches approfondies dans l'ouvrage intitulé *Guide du mécanicien*, publié en 1840, par MM. Flachat et Pétiet. Ces ingénieurs conseillent de régler les machines locomotives de telle sorte que la vapeur, s'introduisant un moment avant que le piston ait changé de mouvement, commence à s'échapper lorsque la manivelle a encore 25 degrés à parcourir pour atteindre le point mort ; la vapeur n'est alors introduite que pendant les 0,87 de la course du piston. MM. Flachat et Pétiet ont fait ressortir les avantages qui résultent de cette économie de vapeur ; ensuite, à l'aide d'hypothèses plausibles et d'une méthode de calcul approximative, ils ont cherché à découvrir la loi de la pression variable que conserve la vapeur durant l'échappement, et à représenter par des nombres le bénéfice que l'on trouve à faire tourner au profit du travail utile cette même pression, qui, dans le règlement sans avance, en consomme inutilement une portion très-notable. Mais, à l'imitation des constructeurs, MM. Flachat et Pétiet s'étaient trop tôt arrêtés dans la voie du progrès signalé par de premiers succès pratiques, et qu'ils avaient eux-mêmes contribué à éclaircir et à répandre.

Jusque-là on s'était uniquement préoccupé de l'idée d'ouvrir la communication avec l'atmosphère ou le condenseur, avant que le piston ait atteint le terme de sa course. Le recouvrement du tiroir, du côté extérieur, avait

pour but de n'introduire la vapeur que dans le voisinage du point mort. On avait remarqué, il est vrai, que ce recouvrement donnait naissance à une véritable détente ; mais tout en reconnaissant cet avantage, on le regardait comme une conséquence heureuse de la disposition adoptée, et l'on ne faisait aucun effort pour l'accroître.

C'est en cela que les dispositions proposées et appliquées par M. Clapeyron se distinguent nettement du mode de règlement connu sous le nom d'*avance du tiroir*. La détente, acceptée jusqu'à lui comme une conséquence, il se l'est proposée comme un but, et il est effectivement parvenu à l'accroître notablement sans employer aucun nouvel appareil, et sans rien changer aux conditions essentielles de l'admission et de l'échappement de la vapeur.

Revenons maintenant aux quatre périodes que nous avons distinguées dans le mouvement direct et rétrograde de l'une des faces du piston. Il est évident, *à priori*, que la période d'admission doit avoir son origine au moment où le piston commence sa course, et se terminer lorsque la quantité de vapeur introduite est celle que comporte la puissance évaporatrice de la chaudière.

La période de détente, au premier abord, semble devoir se terminer à l'instant où la vapeur dilatée n'a plus qu'une tension égale à la pression de l'atmosphère ou à celle du condenseur; mais ici interviennent deux considérations pratiques qu'on ne saurait abstraire : d'abord on ne peut accroître outre mesure les dimensions du cylindre, et ensuite, pour les locomotives, il faut conserver à la vapeur s'échappant dans l'atmosphère une pression suffisante pour accélerer son évacuation, ou, comme le croient les praticiens, pour activer convenablement le tirage. Afin de tenir compte de ces restrictions, on peut dire que la période de détente doit avoir lieu pendant la plus grande fraction possible de la course du piston. La période d'échappement doit se terminer à l'instant même où la face du piston que l'on considère, a atteint le terme de son mouvement direct ; néanmoins, on peut avec avantage sacrifier quelque chose de la rigueur de ce principe, dans le but de diminuer la capacité du cylindre, et assigner pour condition que la troisième période se termine lorsque le piston, dans son mouvement rétrograde, ne s'est encore éloigné que de fort peu du point mort. Enfin la période dite de compression doit se terminer à l'instant où le piston achève sa double course.

Telles sont les conditions que doit remplir une bonne distribution. On peut y satisfaire à l'aide de plusieurs appareils connus depuis longtemps, et qui ont l'avantage de procurer une détente variable; mais ces appareils ajoutent une nouvelle complication dans la locomotive, où une extrême simplicité est plus désirable encore que pour toute autre machine à vapeur. Or, l'appareil ordinaire de distribution nommé *tiroir* renferme plusieurs éléments indéterminés; ne serait-il pas possible d'en disposer de manière à remplir les conditions que nous venons d'énoncer sans ajouter aucun

nouveau mécanisme? Voilà le problème que s'est posé M. Clapeyron.

Mais pour satisfaire à quatre conditions, il faut pouvoir disposer de quatre variables; l'appareil de distribution les fournit-il? c'est ce qu'il importe d'examiner. Supposons le tiroir au milieu de sa course; la lumière qui communique avec le cylindre est alors recouverte par la bride du tiroir qui, dans le cas le plus général, dépasse la lumière des deux côtés: du côté de la vapeur cet excédant porte le nom de *recouvrement extérieur;* du côté du condenseur ou de l'atmosphère, on peut l'appeler *recouvrement intérieur.* Ces deux recouvrements sont à la disposition du constructeur. Ce n'est pas tout: l'excentrique qui commande le tiroir peut être diversement placé par rapport au bras de la manivelle; voilà une troisième variable dont on peut encore disposer, mais là cesse toute indétermination. Ainsi il n'existe que trois variables pour satisfaire à quatre conditions; ces trois variables sont : le recouvrement extérieur, le recouvrement intérieur, et l'angle qui fixe l'axe de l'excentrique.

Des quatre conditions à remplir il fallait donc en sacrifier une, et conséquemment rechercher avec soin les trois conditions qui influent le plus sur la marche de la machine. La discussion nécessaire pour atteindre ce but fait partie du mémoire de M. Clapeyron. Nous devons nous borner ici à indiquer les résultats pratiques auxquels cet ingénieur a été définitivement conduit.

Dans la machine *le Creuzot,* sur laquelle eurent lieu les premières expériences, et dont le nouveau mécanisme fut commencé en mai 1840, le recouvrement extérieur fut porté à $0^{m}03$ ou au quart de la course du tiroir, le recouvrement intérieur à $0^{m}018$, et l'angle compris entre l'axe de la manivelle et celui de l'excentrique à 55°. Avec ces dispositions, et, comme l'auteur le fait voir à l'aide d'une construction géométrique fort simple, la période d'admission cesse quand le piston a parcouru les 0,7 de sa course. La période de détente finit aux 0,96, la manivelle faisant alors un angle de 19° avec la position correspondante au point mort. La période d'évacuation dure jusqu'à ce que le piston ait atteint les 0,79 de sa course rétrograde. Là commence la période de compression, qui se termine au moment où la communication avec la chaudière s'ouvre de nouveau, et lorsque le piston a presque atteint le point mort, la manivelle n'en étant séparée que d'un angle de 6°.

M. Clapeyron admet dans son mémoire que dans la quatrième période, la vapeur, d'abord à la pression du condenseur, peut se comprimer sans se liquéfier, à cause de la haute température que doivent conserver les parois du cylindre dans les locomotives. Il était à désirer que ce fait remarquable fût vérifié par des expériences directes. C'est ce que vient de faire M. Clapeyron, à l'aide de l'indicateur de Watt (1): la courbe tracée par l'instrument justifie toutes ses prévisions.

(1) Voir la description et les tracés de cet indicateur dans la dernière livraison du IIIe vol. de ce Recueil.

Cette compression, dont l'existence est maintenant constatée, semble au premier abord devoir réduire le travail utile de la vapeur employée, et il paraît même que cette considération a empêché les constructeurs d'augmenter convenablement les recouvrements du tiroir. Mais, comme le fait observer M. Clapeyron, il n'y aura inconvénient que si la vapeur comprimée acquiert une tension supérieure à celle de la chaudière : si cette limite n'est pas dépassée, et seulement atteinte, il arrivera qu'au commencement de la période d'admission, l'espace que le piston laisse libre à l'extrémité du cylindre, et les conduits qui y aboutissent, renfermeront un fluide à la pression de la chaudière; la consommation sera donc réduite du poids de la vapeur qui, dans l'hypothèse ordinaire, eût dû remplir ces espaces, auxquels on pourra toujours donner une capacité suffisante pour qu'il en soit ainsi.

Si l'on compare la disposition adoptée par M. Clapeyron à ce qui avait été fait par ses devanciers, on remarquera qu'il ne change rien aux époques où doivent commencer les périodes d'admission et d'échappement, mais qu'il profite d'une indétermination qui reste encore, pour accroître la détente dans les limites pratiques. Le succès obtenu dans la machine *le Creuzot* le porta à pousser plus loin encore la détente dans d'autres locomotives, où la vapeur est maintenant interceptée aux 0,65 de la course du piston.

Dans le matériel des chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), le nombre des locomotives modifiées d'après cette théorie monte actuellement à treize. Le diamètre des cylindres a été porté de 13 pouces à 15 pour sept de ces machines, et de 11 pouces à 13 pour les six autres. Dans toutes, l'effet utile s'est accru de 40 à 50 pour cent. La consommation a été réduite, mais cette diminution doit être attribuée en partie à d'autres causes que l'emploi de la détente. Le mode de distribution ou de détente fixe, inventé par M. Clapeyron, s'est introduit, depuis plus de deux ans, dans la plupart des ateliers où l'on construit et répare les locomotives.

Avant ce perfectionnement, les fortes locomotives du chemin de fer de Versailles (rive droite) ne pouvaient franchir la rampe de 1/200, qui existe sur 18 kilomètres du parcours total, qu'avec un convoi de huit wagons. Aujourd'hui les mêmes machines, modifiées d'après la théorie actuelle, sans consommer une plus grande quantité de vapeur, conservent la vitesse normale de 4 myriamètres à l'heure en tête d'un convoi de douze wagons, ou d'un poids total de 75 tonnes, et cela sur une rampe ascendante, que son inclinaison, et surtout sa longueur, rendaient très-difficile.

Certes il y a lieu de s'étonner qu'un résultat aussi important que celui d'augmenter de 40 à 50 pour 100 le travail utile d'une même quantité de vapeur ait été obtenu par quelques millimètres de plus donnés aux recouvrements des tiroirs, appareil qui occupe une si petite place dans une loco-

motive. On pourrait être surpris, surtout, que le bénéfice énorme qui résulte d'une modification aussi simple, et qui peut s'appliquer à toutes les machines à vapeur, eût été découvert si tard. Mais des recherches intéressantes faites récemment par M. Clapeyron, et qu'il nous a communiquées, établissent que l'importance du règlement du tiroir avait été pressentie, avant 1805, par Watt lui-même; qu'une pratique s'en était suivie dans ses ateliers, pratique conservée mystérieusement, et en quelque sorte comme une propriété exclusive, par les constructeurs anglais, élèves de cet illustre maître; que vers 1836, des ingénieurs de la marine française, en recevant et essayant les machines importées d'Angleterre pour les bateaux à vapeur de l'État, ont reconnu les avantages du mode de distribution adopté dans ces machines; que l'un d'eux, M. Reech, en a fait une étude approfondie, et a rédigé sur ce sujet un travail important, que l'administration doit publier prochainement. D'autres renseignements font voir que, depuis 1840, les ingénieurs des chemins de fer anglais ont été conduits à un mode de règlement des tiroirs, dans les locomotives, qui présente une grande analogie avec les dispositions adoptées par M. Clapeyron, mais qui en diffère par plusieurs points essentiels.

(*Académie des sciences.*)

Observation. On peut voir, pour plus de détails, les dessins et la description d'une locomotive de M. Clapeyron, que nous donnons au commencement du IIIe volume avec les tracés géométriques complets relatifs à la marche des tiroirs.

MÉCANISME D'EXHAUSTION

APPLIQUÉ

A L'APPAREIL DU VAUTOUR

Par M. Ph. GENGEMBRE

(PLANCHE 14)

L'exhaustion a pour but, dans les appareils des navires à vapeur qui naviguent sur mer, de débarrasser le fond des chaudières des dépôts de sel qui s'y amasseraient d'autant plus qu'on serait plus de temps à les extraire. On sait qu'en général on se sert à cet effet d'un robinet, que l'on ouvre de temps à autre, toutes les deux ou trois heures, par exemple. On retire ainsi à chaque fois une certaine quantité d'eau qui est telle qu'elle renferme autant de sels qu'il y en a dans un volume trois fois plus grand arrivant dans la chaudière. Nous avons dit que ce mode d'opérer a le double inconvénient de produire des changements de niveau considérables et très-brusques dans la chaudière, et d'occasionner parfois des oublis qui peuvent devenir dangereux.

M. Gengembre chercha à éviter ces inconvénients en établissant un mécanisme d'exhaustion qui produisit un écoulement presque continu. S'il n'est pas parvenu à résoudre le problème d'une manière aussi satisfaisante qu'on peut le désirer aujourd'hui, pour être à la portée des ouvriers mécaniciens, on ne lui doit pas moins d'avoir eu le premier l'idée d'appliquer dans cette opération un moyen mécanique ingénieux qui, convenablement étudié, peut être très-utile.

Nous avons cru devoir donner une explication de ce mécanisme, dans l'espoir de voir d'autres ingénieurs s'occuper du même sujet et apporter des améliorations qui permettent de l'adopter généralement. Il est représenté en coupe verticale sur la fig. 12 (pl. 14), et en projection horizontale fig. 13. Il se compose d'une espèce de boîte en fonte A, séparée en deux compartiments par une cloison qui ne permet pas de communication entre eux. Dans l'un, celui de droite, est une soupape conique *a* qui s'ouvre de bas en haut, et qui retient l'eau d'alimentation, laquelle arrive de la pompe T décrite précédemment (pl. 11) par le tuyau U' (fig. 9), qui s'as-

semble avec la tubulure B, fig 12. La soupape, s'ouvrant lorsque le piston de cette pompe descend, donne passage à l'eau qui se rend alors aux chaudières par le tuyau B′. Dans le second compartiment, celui de gauche, est une autre soupape *b*, plus petite que la précédente, et qui, dans la première disposition adoptée par l'auteur, s'ouvrait de haut en bas, au lieu d'être comme on la voit figurée sur le dessin, et était reliée à la soupape *a* par un levier horizontal dont le point d'appui se trouvait sur la cloison même, par conséquent entre elles deux. Il en résultait évidemment que, lorsque la première soupape *a* se levait, elle obligeait naturellement sa voisine *b* à s'ouvrir aussi; et comme le compartiment contenant cette soupape communique avec la chaudière par le tuyau qui s'adapte au fond de celle-ci et avec le dehors du navire par le tuyau il en résultait évidemment une sortie d'eau salée à chaque instant.

Mais cette première disposition, toute simple et toute ingénieuse qu'elle paraisse, avait un grave inconvénient. Les garnitures à étoupes par lesquelles passaient les tiges des soupapes, étant un peu trop serrées, empêchaient ces dernières de retomber sur leurs siéges; il en résultait que la pompe n'alimentait plus convenablement, et de plus il y avait un écoulement continuel par la soupape d'exhaustion. D'un autre côté, cette soupape était beaucoup trop grande. M. Gengembre lui avait donné 47 millim. de diamètre, celle d'alimentation en ayant 75. Il avait eu l'intention de laisser échapper de la chaudière une quantité d'eau égale à la moitié de celle qui se vaporisait.

M. Mangeon, observant que sous la pression normale de deux atmosphères dans la chaudière, la vitesse réelle était de 8m400, trouva que l'orifice d'écoulement devait être de 105 millim. carrés; la soupape ayant 147 mill. de circonférence, elle ne pouvait donc se lever que de 0 mill. 71, quantité si petite qu'elle devenait presque insensible; et si l'on admet avec cela un peu de temps perdu dans l'axe du levier qui réunissait les deux soupapes, il était à peu près de toute impossiblité de sentir si la soupape s'ouvrait ou non, surtout lorsqu'on éprouve de grandes secousses par les coups de mer.

M. Mangeon eut alors l'idée de placer dans la jonction du robinet E avec la tubulure du compartiment de gauche, une plaque mince *c*, percée d'un trou rond ayant 8 millim. de diamètre ou 58 millim. de surface, pour ne laisser échapper que la quantité d'eau désirée. Il fit alors quelques expériences pour déterminer quel serait le volume d'eau qui sortirait par cet orifice dans un certain temps et sous telle pression. Il obtint les résultats suivants :

A 75 cent. de pression — 36 litres par minute.
65 c. *id.* — 27 *id.* *id.*
61 c. *id.* — 27 *id.* *id.*

« D'après nos extractions ordinaires, écrivait à ce sujet M. Mangeon, le

30 octobre 1835, à M. Gengembre, j'ai calculé que nous extrayions environ 15 à 16 litres par minute. J'ai pris la pression 61 à 65 cent. pour moyenne et les 27 litres pour base, afin de diminuer le trou dans le rapport de 27 à 15; le calcul m'a donné 32,22 mill. carrés ou 6m372 de diamètre. J'ai pensé alors que si le robinet lui-même portait un trou rond de 6m37 de diamètre, on réglerait sans tâtonnement, et l'on pourrait au besoin le retirer (en fermant la soupape d'arrêt), afin de vérifier s'il n'est pas engorgé. Il fallait ensuite, pour s'assurer de l'écoulement, un robinet d'épreuve placé sur le tuyau ; mais un simple robinet ne pouvait pas servir, il en fallait un qui ne donnât que de l'eau arrivant du petit orifice, et empêchât l'eau de la colonne du tuyau D de revenir sur elle-même, afin de ne pas tromper celui qui vérifie; j'ai fait servir le robinet régulateur à trois fins : j'ai bouché un côté de son orifice par une cloison, laquelle est percée du trou régulateur (Voy. la coupe horizontale de ce robinet, fig. 14). Un second trou, mais plus grand, est percé dans le même robinet dans une autre direction; un troisième est percé dans le boisseau; dans ce dernier est vissé un bec *d* qui conduit l'eau dans la chambre des machines; par ce bec on peut savoir si la machine fonctionne, la quantité d'eau qui en sort, et si la machine est bien arrêtée. »

« Il restait, ajoute M. Mangeon, à empêcher l'engorgement du trou régulateur, ainsi que celui de la soupape; pour cela j'ai pensé qu'une grille placée dans le tuyau C, avant la soupape, rendrait l'écoulement infaillible, si sa surface était telle qu'en retenant quelques copeaux ou autres corps, elle laissât encore assez de trous découverts pour suffire au trou régulateur. Le tuyau C n'ayant que 80 mill. de diamètre, j'ai fait faire une lanterne F (fig. 15) de 300 mill. de longueur sur 30 mill. de diamètre, laquelle est criblée de trous de 4 mill. Je n'ai pas percé de petits trous dans la rondelle *e*, afin qu'aucun corps mince et long ne s'enfilât à travers et n'allât se faire prendre sous la soupape. L'extrémité de la lanterne est conique, dans le but de dévier les corps et de les engager à monter ; ce bout n'est pas non plus percé de trous. Tous les objets capables de s'enfiler dans les trous de 4 mill. peuvent évidemment passer par le trou régulateur. »

M. Gengembre apporta aussi une modification à l'appareil : il remplaça la soupape d'exhaustion s'ouvrant de haut en bas par une autre bien plus petite s'ouvrant de bas en haut, comme l'indique la coupe verticale (fig. 12). Il accrocha la tige de cette soupape à l'extrémité d'un levier G, tournant autour du point fixe *f*. Il la chargea d'un poids *g*, assez lourd pour la maintenir fermée. A l'autre extrémité du levier plongé jusqu'au-dessous du tuyau S′ qui donne issue à l'eau de la pompe à air, il adapta un vase cylindrique H, ayant à sa partie inférieure un orifice muni d'un robinet *h*, qui donne sur un entonnoir dont le tube descend à la cale du navire. Ce vase pouvait, au moyen d'un robinet *h′*, placé immédiatement sous le tuyau d'évacuation S′, être rempli d'eau de manière à être assez lourd pour ouvrir la soupape en soulevant le poids *g* qui la tenait fermée. Une fois le

vase rempli, on ouvrait le robinet inférieur *h*, de manière à laisser évacuer l'eau du vase, à mesure qu'il en recevait de nouvelle par le robinet supérieur *h'*. Quand les machines s'arrêtaient, l'eau cessant de couler dans le tuyau S', le vase H se vidait et le poids refermait la soupape.

M. Mangeon, qui a étudié à bord du navire ce mécanisme d'exhaustion d'une manière toute particulière, pour compléter les documents qu'il a bien voulu nous donner, nous a écrit les observations suivantes :

« Comme la soupape *b* que M. Gengembre nous envoya était encore trop grande (elle avait 16 mill. de diamètre), je conservai la plaque *c* percée de son orifice, et je fis quelques modifications au vase, afin d'éviter les tâtonnements infinis qu'exigeaient les ouvertures des robinets. Je changeai les orifices des robinets *h*, *h'* qui étaient beaucoup trop grands, par deux autres tels, que le robinet supérieur *h'* devait donner un peu plus d'eau que le robinet inférieur *h*. Ces robinets devaient toujours rester ouverts, attendu que le vase devait toujours se remplir par la surabondance d'eau venant de *h'*. Quand la machine s'arrêtait, le vase se vidait également. De cette manière on n'avait plus besoin d'y toucher. Comme la soupape *b* était assez grande et laissait l'orifice suffisamment ouvert, les grains du dépôt ne pouvaient plus s'y accrocher. Pour éviter que la surabondance d'eau du robinet supérieur *h'* ne s'écoulât le long du vase à l'extérieur, j'avais fait adapter à celui-ci un petit rebord *i* (fig. 12), afin de retenir l'eau, et un petit tuyau *j* passant dans l'intérieur et la conduisant sous le robinet inférieur *h*, pour tomber dans l'entonnoir et de là dans la cale. »

« J'ai quitté le bâtiment, nous dit en terminant M. Mangeon, avant de voir fonctionner cet appareil, et j'ai appris plus tard qu'une fois, le navire étant arrêté, les vagues s'étaient engouffrées dans le tuyau S' et avaient fait ouvrir la soupape. Il paraît qu'on ne s'en est plus servi; je n'étais plus à bord pour y apporter le dernier remède. Du reste, tout cela est peut-être rop d'esprit pour les machines de bateau, et les ouvriers qui les conduisent ne sont pas en général assez intelligents pour qu'on leur confie des mécanismes de cette importance. »

Quoique cet appareil n'ait pas complétement réussi, nous ne conservons pas moins la conviction qu'il serait d'une grande utilité dans les navires à vapeur, après avoir subi les améliorations convenables.

SYSTÈME DE DÉSEMBRAYAGE

APPLIQUÉ

AUX NAVIRES A VAPEUR

Par M. MANGEON

(PLANCHE 44)

Nous avons cité plusieurs fois M. Mangeon au sujet de l'appareil du *Vautour* qu'il a monté, et qu'il a conduit avec tant de zèle et d'intelligence pendant plusieurs mois, en adressant à M. Gengembre des observations très-judicieuses, et en apportant de ses propres idées des améliorations utiles dans différentes parties du mécanisme. Cet ingénieur est d'autant plus digne d'être mentionné favorablement, qu'il est arrivé par ses propres moyens, par ses études, à acquérir des connaissances profondes dans la mécanique. Nous voudrions donner une idée de ses capacités en publiant son système de désembrayage, qu'il a conçu, il y a plusieurs années, pour être appliqué aux navires de grande puissance.

Exposons d'abord, avant de décrire ce mécanisme, quelques-unes des principales observations qui l'ont engagé à le composer :

Tout le monde sait aujourd'hui que l'on est souvent arrêté sur mer pour cause de dérangement dans les machines, quelquefois même par l'épuisement complet du combustible ; on est alors obligé de soutenir la marche du bâtiment par le secours des voiles. Mais les aubes des roues immobiles présentent un obstacle considérable à cette marche, par l'eau qu'elles refoulent devant elles, ce qui rend souvent le gouvernail sans effet. Et comme les accidents arrivent de préférence dans les gros temps, le navire présente alors bientôt son travers aux vagues, et se trouve abandonné à toute leur fureur.

Dans d'autres circonstances, on regrette de ne pouvoir utiliser des vents favorables qui seuls conduiraient le navire aussi bien que les machines, et épargneraient le combustible ; car les masses de charbon que l'on consomme sont effrayantes. Cet avantage se ferait non-seulement sentir sur l'économie, mais il amènerait aussi du repos dans l'équipage, attendu que le service des machines est extrêmement pénible.

Sans énumérer les différents avantages qui résulteraient de pouvoir se servir des voiles en mer, le premier cas que nous venons de citer est assez important pour mériter quelques considérations.

Retirer promptement les aubes des roues serait certainement le meilleur moyen; mais quand ces dernières sont, par le roulis, alternativement et complétement, de seconde en seconde, plongées dans la mer; que les charpentes et les cloisons qui les entourent sont brisées et arrachées, on ne doit plus songer à exposer des hommes pour faire cette opération, car ce serait vouloir leur perte.

D'un autre côté, établir un mécanisme par lequel on puisse, du pont ou de l'intérieur du navire, remonter les aubes vers les centres des roues, devient tout à fait impraticable, à cause de la complication et de la solidité qu'il exige : 1° par l'action énergique des machines; 2° par l'action corrosive de l'eau de la mer.

Toutes ces considérations font reconnaître que le moyen le plus sage est de pouvoir désarticuler les roues des machines, et de les laisser tourner librement, quoique leur inertie et les frottements de leurs axes soient encore une cause de ralentissement. Cependant, avant de s'arrêter à ce dernier moyen, M. Mangeon a voulu se rendre compte des pertes de vitesse que le navire éprouverait dans cette circonstance; il est arrivé à des résultats curieux que nous sommes bien aise de rapporter dans le tableau suivant :

Tableau des vitesses acquises par le navire supposé dans les trois états différents et poussé par un même vent :

Sans aubes.	Avec roues libres.	Avec aubes fixes.
9 milles à l'heure.	8,80 milles à l'heure.	3,50 milles à l'heure.
8 » »	7,78 » »	3,00 » »
7 » »	6,76 » »	2,50 » »
6 » »	5,74 » »	2,00 » »
5 » »	4,72 » »	1,75 » »
4 » »	3,70 » »	1,00 » »

Ce tableau fait voir que les pertes de vitesse avec les roues libres ne sont pas à comparer avec celles éprouvées par les aubes fixes.

« Mes observations, nous dit à ce sujet M. Mangeon, eussent cependant été trop peu prépondérantes, pour me décider à faire un désembrayage, si quelques officiers distingués de la marine ne m'eussent autant sollicité à le faire. Je regrette que celui que le ministre de la marine a fait construire sous mes soins chez MM. Derosne et Cail, à Paris, ait été renvoyé depuis plusieurs années d'un navire à l'autre. Je croyais que définitivement il trouverait place sur des machines construites à Indret, mais je n'en entends plus parler. »

Quoi qu'il en soit, nous avons cru qu'il ne serait pas moins intéressant

pour nos lecteurs de connaître le mécanisme conçu par cet ingénieur. Il est représenté sous différentes faces, sur les figures 16, 17, 18 et 19 de la planche 14.

La fig. 16 le montre en élévation, vu de face du côté de la manivelle motrice.

La fig. 17 en est une projection latérale avec la manivelle et la tête de la bielle.

On a supposé dans ces figures que les deux pièces principales sont celles d'une machine d'un bateau construit sur le système du *Sphinx*, parce que l'appareil exécuté devait être en effet appliqué sur l'un de ces bateaux.

La fig. 18 est une coupe verticale par l'axe du mécanisme.

Et la fig. 19 une section horizontale faite à la hauteur du bouton de la manivelle.

L'auteur a remplacé l'une des manivelles, celle placée sur le bout de l'arbre O', qui porte la roue à pales, par un double plateau en fonte N'. La gorge circulaire, formée entre les deux joues de ce plateau, est en partie embrassée par une bride en fer rond B, dont les deux extrémités sont filetées et traversent les forts écrous *e*. La circonférence extérieure des deux joues du plateau est armée de dents rectangulaires très-obtuses, dans lesquelles s'emboîtent exactement celles du frein F, qui est construit en fer forgé. Ce frein embrasse les joues dentées sur un quart de leur circonférence; par conséquent, quand il en est complétement rapproché, comme on l'a supposé sur le dessin, on peut dire que sa liaison avec le plateau est intime, et qu'ils ne font exactement qu'un seul corps, disposition très-essentielle, dans le cas d'une machine très-puissante, pour qu'il n'y ait pas glissement, ce que l'on pourrait craindre dans le cas de deux surfaces unies, comme un frein ordinaire embrassant une simple poulie. Nous croyons cependant que ce dernier système a été tenté.

La partie supérieure du frein denté présente une ouverture carrée dans laquelle sont ajustés deux coussinets de bronze *c*, qui reçoivent l'extrémité du bouton M' de la manivelle. Une forte vis de pression V, taraudée dans le milieu du chapeau en fer C qui recouvre l'ouverture, est destinée à faire baisser ou soulever le frein, en s'appuyant sur le bouton. On conçoit en effet que la manivelle N, recevant un mouvement de rotation de la machine par la bielle M, si l'appareil se trouve dans la position qu'on lui a donnée sur le dessin, le frein étant baissé et par conséquent solidaire avec le plateau, celui-ci se trouvera entraîné dans cette rotation, et l'arbre O', sur lequel il est solidement fixé par trois clavettes, tournera aussi avec lui. Mais si on fait tourner la vis V après avoir desserré préalablement les écrous de la bride B, le système étant dans la direction verticale, comme le bouton M' qui est fixé dans le manneton de la manivelle par une clef, ne peut évidemment pas obéir à cette pression, c'est-à-dire qu'il ne peut pas descendre, il faut de toute nécessité qu'elle soulève le frein, et par consé-

quent qu'elle le dégage du plateau. Or, une fois que celui-ci est libre, l'arbre O' lui-même peut tourner librement, entraîné par les roues, et sans produire aucune action sur les machines.

Des encoches sont pratiquées au bas de l'ouverture du frein, et des dents rondes *d* sont rapportées au-dessous du bouton M', pour qu'en relevant le premier, on soit certain qu'il se trouve toujours dans la même direction. Des platines en acier *p* sont aussi ajustées sur les parois latérales intérieures de l'ouverture, les coussinets *c* s'appuient contre elles; on peut les renouveler au besoin, lorsque ceux-ci ont pris le moindre jeu, sans être obligé de remplacer le frein. Enfin, les petites embases *f* sont rapportées sur les bouts de la bride B, pour la retenir et empêcher qu'en la desserrant elle ne s'échappe entièrement.

MM. Derosne et Cail, constructeurs à Paris se sont occupés de l'exécution de ce mécanisme, pour lequel M. Mangeon a obtenu un brevet d'invention.

Nous croyons devoir ajouter que plusieurs ingénieurs distingués de la marine se sont également occupés et s'occupent encore de l'application d'un système analogue, en cherchant à débrayer les roues sans être obligé d'arrêter les machines.

CHAUDIÈRE

DES

PAQUEBOTS A VAPEUR *LE LÉONIDAS* ET *LE TANCRÈDE*

DE 160 CHEVAUX

PAR

MM. MILLER, RAVENHILL et Ce, à Londres

(PLANCHE 15)



Les chaudières à vapeur construites pour la marine de l'État sont en général établies sur un système tout à fait distinct de celles employées dans les fabriques ou manufactures. Elles sont à compartiments. Cette disposition adoptée primitivement en Angleterre, a été jusqu'ici généralement reçue pour les appareils de navires à vapeur, depuis la force de 25 chevaux jusqu'à celle de 500 chevaux (1). Elle ne peuvent être employées que pour marcher à basse pression, laquelle est habituellement de 13 à 20 centimètres au-dessus de celle de l'atmosphère. Ces chaudières ont été d'abord faites en cuivre, elles sont maintenant en grande parties en tôle.

M. Gengembre a construit pour le navire *le Vautour* des chaudières en cuivre; comme il était libre de les établir selon ses idées, et qu'il devait les faire marcher à une pression intérieure pouvant s'élever à deux atmosphères, il leur donna une disposition toute différente de celle adoptée par les constructeurs anglais. Il imagina six corps de chaudières cylindriques, dont deux supérieurs, contenant moitié eau et moitié vapeur, et quatre inférieurs, dans lesquels étaient placés les foyers, et renfermant des tuyaux et des conduits pour la flamme et la fumée. Il put ainsi obtenir une grande surface de chauffe, et marcher à une pression plus élevée que dans le système à compartiments. Mais il paraît que jusqu'à présent l'application des tubes, qui sont rigoureusement en usage dans toutes les locomotives, ne présente pas, pour les bateaux, un avantage marqué, et ils offrent l'inconvénient d'exiger souvent des réparations.

La chaudière que nous avons représentée sur la pl. 15 est une copie de

(1) On commence à adopter généralement les chaudières tubulaires, suivant le système que nous publions vers la fin des IIIe et VIIe volumes de ce Recueil.

celles qui existent à bord des navires à vapeur *le Léonidas* et *le Tancrède*, qui sont chacun de la force de 160 chevaux ; elles ont été primitivement construites par MM. Miller, Ravenhill et Ce, de Londres, et ont depuis été renouvelées en France par la maison Pihet et Ce. Plusieurs autres constructeurs français en ont aussi établi qui étaient à peu près les mêmes ou semblables à celle du *Sphinx* de M. Fawcett.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA CHAUDIÈRE.

PLANCHE 15.

Cet appareil se compose de trois corps de chaudière A, A′ A^2 (vus de face, fig. 1), qui, construits séparément, se réunissent ensuite par des boulons, et communiquent entre eux, vers la partie supérieure, par de larges ouvertures rectangulaires Q. (Voyez la coupe longitudinale faite suivant la ligne 1-2 du plan fig. 2.) Chaque corps renferme deux foyers B qui sont entourés d'eau de toutes parts, excepté sur la partie de la façade occupée par les portes et les cendriers. Les grilles de ces foyers sont composées de barreaux en fonte placés dans une direction légèrement inclinée, comme l'indiquent les lignes ponctuées de la fig. 2, afin d'obliger le charbon à se rendre plus facilement vers l'autel C. Les portes rectangulaires *a*, par lesquelles on introduit le combustible sur les grilles, sont construites comme celles des foyers ordinaires.

Sur les côtés et au-dessous de chaque foyer, comme autour des conduits de chaleur, sont ménagés des espaces étroits D, D′, D^2, D^3, qui n'ont que 10 à 12 centimètres au plus de largeur, et dans lesquels est renfermée l'eau à vaporiser. Voyez la coupe transversale fig. 4 faite suivant la ligne brisée 9, 10 et 11. Les conduits pour la flamme et la fumée se prolongent à partir de l'autel des foyers en se contournant, comme l'indiquent les flèches du plan, fig. 3, jusqu'à l'orifice de la cheminée. Ce plan est fait à différentes hauteurs de la chaudière ; le corps du milieu est vu en dessus, celui de gauche est une coupe horizontale faite suivant la ligne 3-4, et celui de droite une coupe parallèle faite à la hauteur du niveau d'eau suivant la ligne 5-6. La section de ces conduits de chaleur, qui sont tout à fait indépendants, est très-grande, comme on peut le voir par les cotes de la coupe transversale, fig. 4. Des regards fermés par des couvercles rectangulaires *b*, permettent de vider la chaudière et de la nettoyer au besoin. Des pattes en fer *c*, boulonnées, relient encore les trois corps de chaudière sur la façade (fig. 1).

Une cheminée F, commune à ces trois corps, est placée sur celui du milieu et s'élève, en traversant le coffre à vapeur, jusqu'à près de 11 mètres au-dessus de ce dernier. Les tôles, généralement employées pour la construction des foyers, ont 10 à 11 millimètres d'épaisseur, celles des conduits de chaleur sont un peu moins fortes, elles diminuent d'épaisseur à mesure qu'on approche de la cheminée, où elles n'ont pas plus de 8 millimètres.

Les détails représentés au 1/10e, fig. 7, 9, 10 et 11, montrent les divers assemblages de ces tôles dans les différentes parties de la chaudière. On voit que les angles sont toujours formés par des équerres ou cornières en fer, sur lesquelles on rive les deux côtés extrêmes, et des pattes ou équerres, placées de distance en distance, servent à consolider les feuilles entre elles, pour qu'elles ne cèdent pas à la pression. Des boulons à écrous, traversant des espèces de manchons creux (fig. 12), interposés dans les compartiments qui renferment l'eau, maintiennent aussi leur écartement d'une manière très-solide. Il y a des constructeurs qui ne mettent que de simples boutons.

Le réservoir de vapeur est composé de la partie supérieure de la chaudière, à partir du niveau d'eau qui doit être à la hauteur de la ligne AA^2 (fig. 4), et du coffre rectangulaire G, fixé sur le corps du milieu. Le tuyau coudé H part du sommet de ce coffre pour conduire la vapeur aux cylindres des deux machines. Un trou d'homme, fermé par le couvercle de fonte K, y a été ménagé pour permettre de s'y introduire au besoin.

Appareils de sureté. — Au-dessus du même coffre est placée une boîte en fonte I, renfermant deux soupapes de sûreté *d*, de forme conique, et s'ouvrant de bas en haut. Elles sont chacune chargées d'un poids cylindrique *f*, logé dans l'intérieur du coffre, et porté par une tige *e* dont le bout inférieur appuie sur l'extrémité d'un levier *g'*, et qui s'assemble directement par sa partie supérieure à la tige des soupapes. Ces tiges sont guidées par des bras *h*, et les leviers *g'* sont fixés à l'axe horizontal *g* qui, d'un bout, porte une tringle *i*, sur laquelle on peut agir de l'extérieur de la chaudière, pour, au besoin, faire soulever les soupapes et donner issue à la vapeur.

Le poids dont ces soupapes doivent être chargées est évidemment peu considérable, car d'un côté, sur leur plus grande base, elles reçoivent la pression extérieure, et sur le côté opposé, celle de la vapeur qui, comme nous l'avons dit, n'est généralement que de 1/6 à 1/5 en sus de l'atmosphère; ce poids est estimé à environ 1/4 de kilogramme par centimètre carré.

La vapeur qui se dégage, lorsque les soupapes se soulèvent, s'échappe par le tuyau J, qui se boulonne sur la boîte en fonte I. On peut aussi savoir de l'intérieur de la chambre des machines si ces soupapes sont en jeu, à l'aide des tubes très-petits *j*, en cuivre, qui se rendent dans cette chambre.

Des niveaux à robinets *m*, avec tubes en verre, sont appliqués sur la façade de chacun des trois corps de la chaudière pour faire connaître approximativement aux chauffeurs la hauteur de l'eau dans l'intérieur. Pour vérification, des robinets d'épreuve *l*, *l'*, sont aussi placés près de ces niveaux, l'un un peu au-dessous du niveau habituel, et l'autre au contraire un peu au-dessus, de sorte qu'en ouvrant celui-ci il doit en sortir de la vapeur, et au contraire, en ouvrant le premier, il doit en sortir de l'eau.

Appareils d'alimentation et d'extraction. — Les deux tuyaux qui partent des pompes alimentaires dont les machines sont munies, viennent se réunir en un seul L, en avant de la chaudière; là, il se bifurque et porte

trois embranchements verticaux L′, qui descendent jusqu'à la partie inférieure de chacun des trois corps. Ces embranchements portent chacun un robinet dont on règle l'ouverture à volonté et à la main. Le même tube se prolonge en L^2 sur toute la longueur de la chaudière, et va s'élever derrière la cheminée, à plus de 2m60 au-dessus du coffre à vapeur.

Ce prolongement élevé L^2 remplit deux offices :

1° Lorsque les robinets d'alimentation M sont ouverts, la colonne d'eau qui est dans le tube ouvert à son sommet, sert de manomètre et peut être comparée à la colonne qui surmonte les chaudières à basse pression du sytème Watt.

2° Lorsque les robinets sont fermés, on n'a pas besoin de fermer aussi l'aspiration des pompes, qui fonctionnent toujours sans qu'il puisse arriver de rupture dans les tuyaux, puisque l'eau refoulée dégorge à la partie supérieure dans une cuvette qui la conduit à la mer par le tube coudé L^3.

Ce tuyau, bien que recourbé à la partie supérieure, ne joue aucunement le rôle de siphon ; cette disposition n'a d'autre but que de diriger l'eau. Elle est, du reste, peu commode, dispendieuse, et n'est pas généralement employée. Elle n'a même aucun avantage théorique, puisque, au lieu de faire fonctionner les pompes à *vide*, ce qui n'exige que le travail du frottement, celles-ci marchent, au contraire, en élevant l'eau avec la même résistance que si elles alimentaient.

Trois tuyaux N, partant de l'arrière et du fond des trois corps de chaudière, les mettent en communication à la fois, ou seulement deux quelconques d'entre eux, en se réunissant à une boîte commune en fonte O, au moyen des robinets *o* que porte chacun de ces tuyaux. De cette boîte O part un tuyau P destiné soit à purger la chaudière, en donnant issue aux sels qui s'y amassent, soit à la vider ou à la remplir jusqu'au niveau de la mer. A cet effet il porte un robinet R, et, de chaque côté de celui-ci, les tubes P′ et P^2 communiquant avec la pompe à bras, dite pompe à quatre fins, que nous décrirons plus tard. Dans le mouvement de cette pompe, l'aspiration se fait par le tube P^2, et l'injection par celui P′, quand on veut envoyer de l'eau dans la chaudière, le robinet R étant alors fermé. Au contraire, lorsqu'on veut la vider, on ouvre ce robinet, et l'eau s'écoule directement à la mer par le tuyau P.

Dans *le Véloce* (navire de 220 chevaux), les tuyaux qui servent à la purgation des chaudières sont directement sous les foyers. Nous croyons qu'il importe peu de les appliquer à une partie de la chaudière plutôt qu'à une autre ; nous nous en rapportons pour cela aux expériences de M. Mangeon, qui, doutant de l'opinion générale que les couches inférieures d'eau dans une chaudière soient plus chargées de sel que celles supérieures, crut devoir faire quelques essais à ce sujet sur l'appareil du *Vautour*. Il résulte de ces expériences, que nous désirerions, du reste, voir répéter par des ingénieurs de la marine, que les différentes parties de la chaudière sont à peu près également saturées. Il serait bon aussi de constater d'une manière

certaine, dans le cas surtout où les appareils d'extraction se réduisent à des robinets comme dans la chaudière que l'on vient de voir, s'il convient mieux, pour l'économie du combustible, d'opérer l'exhaustion toutes les deux heures, par exemple, que toutes les quatre ou cinq heures; de déterminer enfin quel serait le temps limité convenable qu'il faudrait laisser entre chaque extraction, sans danger pour la chaudière, et surtout sans augmentation, mais plutôt au contraire avec réduction sur la consommation de combustible.

Nous croyons qu'il sera intéressant pour plusieurs de nos lecteurs de connaître les principales dimensions qui ont été données aux diverses parties des chaudières à vapeur, construites pour des bateaux de différentes puissances. Nous les résumons donc dans les tableaux suivants pour quelques appareils de 50, de 160 et de 220 chevaux.

On a représenté au 1/25e, sur la fig. 8, un plan de l'un des couvercles de fonte *b* et de la bride intérieure, fermant l'un des orifices pratiqués au fond de la chaudière pour la nettoyer.

La fig. 6 est une coupe horizontale au 1/50e, faite au milieu de l'un des regards Q (fig. 2), qui mettent les corps de chaudière en communication pour la vapeur seulement.

La fig. 7 est aussi une section horizontale, mais au 1/10e, d'une partie de l'assemblage des feuilles de tôle dans le contact des deux corps de chaudière. Cette section est faite entre deux regards Q.

Les autres détails d'assemblage sont également dessinées à l'échelle de 1/10e.

Les dimensions des cornières, ou équerres en fer, employées pour l'assemblage de tous les angles de la chaudière, ont généralement 0,075 de côté, sur 10 à 12 millimètres d'épaisseur.

La tôle de la cheminée, au-dessus du coffre à vapeur, a 5 millimèt. seulement d'épaisseur.

Les tuyaux en cuivre ont en général 4 millim. d'épaisseur.

Les rivets employés pour les assemblages des feuilles de tôle ont 17 millimètres de diamètre, leur écartement est le plus souvent de 5 centimètres.

CHAUDIÈRE DU LIAMONE

BATEAU-POSTE DE 50 CHEVAUX

Par **MM. MAUDSLEY, FIELDS et Cᵉ**, à Londres

Cette chaudière se compose de deux corps principaux qui se réunissent, et renferment chacun un seul foyer ; la disposition est du reste analogue à celle qui vient d'être décrite.

Nous donnons en regard des dimensions relatives à cette chaudière celles d'une chaudière semblable établie par M. Fawcett, dans un des bateaux de même force faisant aussi le service de la Corse.

DIMENSIONS PRINCIPALES.	CHAUDIÈRES. MAUDSLEY.	CHAUDIÈRES. FAWCETT.
Longueur totale de la chaudière en dehors des tôles	3m 25	4m 18
Largeur entière des deux corps	4m 00	3m 60
Hauteur totale, sans le coffre à vapeur	2m 11	2m 30
Coffre à vapeur placé au-dessus du foyer — Longueur	1m 27	1m 20
Coffre à vapeur placé au-dessus du foyer — Largeur	1m 10	1m 08
Coffre à vapeur placé au-dessus du foyer — Hauteur	0m 72	0m 60
Nombre de foyers. Maudsley. 2 — Fawcett. 4 — Longueur de chacun	1m 85	1m 55
Nombre de foyers. Maudsley. 2 — Fawcett. 4 — Largeur	0m 87	1m 65
Chaque grille se compose de 14 barreaux ayant de large	0m 04	» »
Longueur des conduits de flamme, depuis la porte du foyer jusqu'à la naissance de la cheminée, dans les deux corps de chaudière	23m 20	20m 60
Hauteur de la cheminée	9m 15	11m 69
Diamètre de cette cheminée	0m 62	0m 72
Diamètre des soupapes de sûreté	0m 14	» »
Elles se soulèvent sous une pression de (par centimètre quarré)	0k 37	0k 37
La pression habituelle dans la chaudière au-dessus de l'atmosphère est de	0k 25	0k 25
Poids des deux chaudières	13000k 00	13437k 00
Poids de la cheminée	1000k 00	1300k 00
RÉSULTATS DU CALCUL		
Surface totale des foyers et des conduits de flamme	63m.q. 650	85m.q. 000
Surface par cheval	1m.q. 273	1m.q. 700
Espace occupé par les foyers et les conduits de flamme	11m.c. 850	12m.c. 950
Espace occupé par la vapeur	4m.c. 850	7m.c. 20
Volume de l'eau soumise à l'évaporation	8m.c. 810	11m.c. 40

CHAUDIÈRES

DU TANCRÈDE, DU LÉONIDAS ET DU SPHINX

Ces chaudières sont chacune construites pour des appareils de 160 chevaux. Les chaudières du *Tancrède* et du *Léonidas* sont tout à fait identiques ; celle du *Sphinx*, établies par Fawcett, est composée de quatre corps principaux au lieu de trois.

DIMENSIONS PRINCIPALES		CHAUDIÈRES DU LÉONIDAS ET DU TANCRÈDE	CHAUDIÈRES DU SPHINX
Longueur totale de la chaudière en dehors des tôles		6m 450	6m 43
Largeur entière des corps de chaudière		5m 060	6m 75
Hauteur totale, non compris le coffre à vapeur		2m 940	2m 53
Coffre à vapeur	Hauteur	1m 600	0m 96
	Longueur	2m 770	1m 83
	Largeur	1m 500	1m 52
Nombre de foyers	Longueur moyenne de chacun	2m 19	2m 31
	Largeur totale	4m 27	4m 56
Longueur moyenne du conduit de chaleur, depuis le milieu du foyer d'un des corps de la chaudière jusqu'à la naissance de la cheminée		12m 780	» »
Hauteur de la cheminée au-dessus de la chaudière, non compris le couronnement		12m 13	14m 60
Diamètre de la cheminée		1m 000	1m 217
Les tôles employées pour les constructions de la nouvelle chaudière du *Tancrède*, refaites par MM. Pibet et Ce, ont 10, 9 et 8 millimètres d'épaisseur ; les plus fortes, pour les foyers et les conduits de chaleur ; et les plus faibles, pour les parties voisines de la cheminée. Dans la chaudière du *Sphinx*, les épaisseurs sont de 12, 11 et 10 millimètres pour les foyers et conduits de flamme, 8 1/2 pour les autres parties.			
Diamètre de l'ouverture des deux soupapes de sûreté		» »	0m 150
Poids dont chaque soupape est chargée		0k 271	0k 251
Poids total de la chaudière du *Sphinx*		....	42,181k 476
RÉSULTATS DU CALCUL.			
Surface des foyers exposée directement au feu		11m.q. 118	» »
Surface des conduits de chaleur immergés, à compter des autels des foyers		111m.q. 841	» »
Surface de chauffe totale en contact avec l'eau		183m.q. 959	» »
Surface de chauffe par force de cheval		1m.q. 143	» »
Surface totale des grilles qui reçoivent le combustible		8m.q. 401	10m 534
Section totale du vide qui donne passage à l'air		2m 377	» »
Section de la cheminée		0m 933	1m 461
Volume des foyers et des conduits de chaleur immergée		36m.c. 311	50m.c. 370
Volume total de l'eau soumise à l'évaporation		29m.c. 322	30m.c. 412
Volume de vapeur, coffre compris et cheminée déduite		25m.c. 837	28m.c. 756

CHAUDIÈRE D'UN APPAREIL

POUR BATIMENT A VAPEUR DE LA FORCE DE 220 CHEVAUX

PAR M. PH. GENGEMBRE

Cette chaudière se compose de six parties, dont les quatre de devant, qui contiennent les foyers, sont plus volumineuses que les deux autres.

DIMENSIONS PRINCIPALES.

Longueur totale de la chaudière		6m	50
Largeur *id.*		7m	52
Hauteur *id.*	sans le coffre à vapeur	3m	10
Nombre des foyers — 8.	Longueur de chacun	2m	20
	Largeur	0m	76
Diamètre de la cheminée		1m	40

SUPPUTATIONS POUR LA FORCE DE 440 CHEVAUX.

Surface des grilles des 4 foyers		6m.q.	9920
Ce qui donne plus de 6 décimètres quarrés par cheval.			

SURFACE CHAUFFÉE EN CONTACT AVEC L'EAU.

Foyers	Haut et bas des 4 foyers jusqu'à la traverse	13m.q.	1980
	Leurs 8 parois latérales jusqu'au même point	29	4400
	Les 4 traverses développées	4	2256
	Les 4 bandes sur le pourtour et les traverses	2	6296
Surface totale des foyers		49m.q.	4932
Flues (canaux directs).	Haut et bas des 8 canaux directs	10m.q.	4460
	Les 8 parois latérales continuant celles des foyers	33	6000
	Les 8 parois des cloisons correspondantes au milieu des foyers	24	0000
	Les 4 bouts, déduction faite des ouvertures	4	3200
Surface totale des canaux directs		72m.q.	3360
Canaux transversaux	Haut et bas des 3 canaux transversaux	8m.q.	1518
	Première paroi, déduct. faite des ouvertures	4	9800
	Les 4 parois des cloisons intermédiaires	19	0000
	Dernière paroi	7	3000
	Les trois extrémités de ces canaux	5	1200
	Paroi et fond de la naissance de la cheminée	3	5650
Surface totale des canaux transversaux		48m.q.	1168
Surface totale de chauffe		169m.q.	9468

Ce qui fait plus de 1m.q. 54 par cheval.

Volume de la vapeur, compris celle du coffre	49m.c.	1528

C'est plus de 8 fois la capacité du cylindre à vapeur.

NOTA. MM. Maudsley et Fields ne donnent en général que 2m.q. 0511 de surface de grille et 1m.q. 3671 de parois chauffées par force de cheval.

MACHINE

A BASSE PRESSION ET A DOUBLE EFFET

POUR BATEAUX A VAPEUR

PAR

MM. MAUDSLEY, FIELDS et Ce, de Londres

(PLANCHE 16)

Plusieurs constructeurs, d'une grande réputation en Angleterre, s'occupent de la confection des appareils pour navires à vapeur de grande puissance. Tels sont principalement MM. Fawcett, Miller, Maudsley, Fields et Cie., Penn, etc. La marine française possède aujourd'hui plusieurs bâtiments ou paquebots, dont les machines sortent de leurs ateliers. Quelques sociétés particulières leur en ont également fait établir.

Les grands appareils de 120, 160, 220 et 450 chevaux, commandés par le gouvernement aux principaux constructeurs de France, sont, à quelques modifications près, exécutés en grande partie sur les mêmes plans que ceux des mécaniciens anglais. Nous regardons comme une des garanties les plus solides de la puissance maritime française, que ces commandes importantes aient été faites dans notre propre pays. Nos grands ateliers, bien exercés et bien outillés pour ce genre de construction, permettront de ne pas rendre désormais la France tributaire de ses voisins. Lorsque l'essai de plusieurs de ces appareils aura été fait, disions-nous, et nous ne doutons pas d'avance des bons résultats qu'on en obtiendra, il est probable qu'on aura plus de confiance dans les systèmes de construction nationale, et qu'on adoptera tout autant les machines de disposition française que celles qui viennent de l'étranger. Les importantes commandes données par l'État et par l'industrie privée à nos mécaniciens ont justifié nos prévisions.

Quoi qu'il en soit, nous devons le dire, les machines des mécaniciens anglais que nous venons de citer, sont très-bonnes, d'une grande solidité, marchent fort bien et peuvent être gouvernées avec facilité. Tout ce qu'on peut leur reprocher c'est d'être d'un poids considérable, de consommer beaucoup de combustible, et d'exiger une grande masse d'eau. En France ce sont des considérations qui ont toujours été un sérieux sujet d'étude. Ainsi, pour les établissements industriels, on s'est spécialement attaché à la construction des machines à haute pression dans lesquelles la vapeur

est utilisée par la détente, et la condensation, tant qu'elle peut produire un travail; de là l'économie de combustible, les formes légères, la réduction de l'emploi de la fonte et du fer. On emploie depuis quelques années également des appareils à haute pression.

DESCRIPTION DE LA MACHINE DE M. MAUDSLEY.

PLANCHE 16.

La fig. 1[re], qui est une coupe verticale passant par l'axe des corps de pompe, représente l'une des machines du bateau à vapeur *le Castor*, de la force de 120 chevaux, appartenant à la marine nationale. Sur le même modèle, les constructeurs ont aussi livré au gouvernement les machines du bateau *l'Érèbe*, de 60 chevaux, qui fait le service de la Corse (1).

Cylindres et distribution de vapeur. — On voit, par cette coupe, que le cylindre à vapeur A est enveloppé d'une chemise en fonte A^2, dans laquelle arrive la vapeur venant de la chaudière avant d'agir en dessus ou en dessous du piston, comme l'ont fort bien observé MM. Thomas et Laurens, et avant eux plusieurs ingénieurs très-recommandables. Il est vrai qu'elle ajoute aux frais de construction, et que pour les machines de grande puissance elle devient une pièce très-difficile à exécuter.

La vapeur se rend de la chemise directement dans la boîte de distribution B, avec laquelle elle est toujours en communication. Cette boîte occupe la hauteur du cylindre; elle est percée, vers les deux extrémités, de deux ouvertures latérales qui sont exactement en regard avec les orifices c et c' qui vont au bas et au sommet du cylindre. Elle renferme un long et unique tiroir de fonte B', qui est aussi d'une forme demi-cylindrique et creuse; les bords avancés b, b' de ce tiroir sont garnis d'une plaque en cuivre qui est en contact avec une plaque semblable rapportée autour des ouvertures de la boîte.

Une tige verticale d, traversant un stuffingbox, qui est ajusté sur la partie supérieure de la boîte, se lie par une clavette à une oreille venue de fonte avec le tiroir, auquel elle transmet un mouvement alternatif comme on le verra plus loin.

Une garniture d'étoupe est aussi formée autour des extrémités du tiroir pour empêcher que la vapeur ne puisse s'échapper, pendant son mouvement, sans avoir produit son action sur le piston. Cette garniture peut être convenablement serrée au moyen des repoussoirs d^2 qui passent derrière le tiroir et qui sont disposés de manière qu'à l'aide d'une vis extérieure d^3, on puisse les pousser au besoin. Un couvercle en fonte, boulonné latéralement contre la boîte, permet d'ailleurs de renouveler cette garniture quand

(1) Nous avons cru devoir indiquer deux échelles sur la planche, l'une de 1/20[e], représentant la machine du *Castor*, laquelle est alors de 60 chevaux, l'autre au 1/15[e], pour la machine de *l'Érèbe*, de 30 chevaux. Ces deux échelles se rapportent avec les dimensions principales adoptées par les constructeurs, comme l'indiquent les cotes sur les dessins et sur le tableau qu'on verra plus loin.

il est nécessaire; et des robinets tels que celui s' permettent d'y refouler de l'huile.

Le piston à vapeur F fondu d'une pièce et creux, est fileté à son centre pour former écrou à la tige cylindrique e, à laquelle il est ainsi fixé. Sa garniture est composée, comme dans la machine à basse pression que nous avons donnée dans notre Ier volume, d'une tresse de chanvre que l'on resserre par une bague en fonte F′ à l'aide de plusieurs boulons f. Dans les machines de grande puissance que M. Cavé exécutait en 1842 pour la marine, les pistons à vapeur étaient non-seulement munis de cette garniture, mais encore en dessus et en dessous, d'une couronne de segments à ressorts qui pressent contre la paroi du cylindre et qui garantissent ainsi la tresse de chanvre.

Le couvercle supérieur A′ du cylindre est ajusté sur le sommet de l'enveloppe et renforcé par des nervures qui se terminent à la boîte à étoupes que la tige e traverse. Il porte un robinet graisseur s, et doit aussi avoir une soupape de sûreté, ou de purgation, comme à la partie inférieure du cylindre.

Condenseur et pompe a air. — La base du cylindre et de son enveloppe est boulonnée sur la plaque de fondation C, qui, comme dans la machine de M. Gengembre, s'assemble avec le condenseur et se fixe sur les carlingues. Dans cette machine, le condenseur D est aussi fondu avec la pompe à air E, et porte à son extrémité la soupape de purgation p, et à sa partie supérieure la cuvette de décharge S. La pompe renferme un piston de bronze R muni de ses clapets o' et assemblé à la tige verticale q, par laquelle il reçoit son mouvement alternatif. Un clapet d'aspiration o, est placé sur un siége en cuivre R′ à la jonction de la pompe et du condenseur, et un autre clapet o^2 est fixé sur le fond de la cuvette pour soutenir la colonne d'eau qu'elle renferme pendant la descente du piston.

La soupape de purgation p est munie d'une tige cylindrique qui traverse le fond d'une petite cuvette p', autour de laquelle l'eau et l'air du condenseur peuvent trouver issue, lorsqu'on soulève cette soupape, à la mise en train de la machine.

Balanciers et parallélogramme. — La tige du piston à vapeur est ajustée à sa partie supérieure dans une forte traverse en fer forgé G′, avec laquelle elle est tenue par une clavette. Aux deux extrémités de cette traverse sont suspendues deux longues bielles qui passent de chaque côté du cylindre et vont s'attacher, par articulation, aux bouts de deux forts balanciers en fonte G. Ceux-ci, placés à l'extérieur du condenseur, sont traversés à leur centre par des axes supportés sur celui-ci, et autour desquels ils opèrent leurs oscillations. A quelque distance au-dessous de la traverse G′, les bielles pendantes sont traversées chacune par un goujon i qui les relie à deux guides en fer I, lesquels vont s'assembler, par leur autre extrémité, à une double manivelle h.

Cette double manivelle fait corps avec l'axe horizontal en fer H dont les

tourillons sont reçus dans les coussinets des chaises P′ qui appartiennent au bâti de la machine ; deux tringles K attachées par leur partie inférieure aux balanciers, et par leur sommet à la même manivelle, transmettent à celle-ci un mouvement circulaire alternatif dont l'amplitude (c'est-à-dire l'angle *h′* H *h″*) dépend de l'angle décrit par les balanciers. Ces deux angles sont évidemment dans un rapport inverse avec le rayon *h* H de la manivelle et la distance du point d'attache K′ au centre des balanciers. Il résulte de cette disposition, qui est généralement employée pour les machines de bateaux, que, pendant la marche du piston, les bielles pendantes ont leur extrémité inférieure *g* qui décrit un arc de cercle, tandis que leur sommet ou centre d'attache avec la traverse G′ parcourt une ligne droite verticale passant par l'axe du cylindre.

Il est aisé de voir que la position du point H peut être déterminée géométriquement, lorsqu'on connaît la course du piston, le rayon et le centre du balancier.

Ainsi supposons, ce qui a presque toujours lieu, que le balancier G soit divisé en deux parties égales par son centre *t*; son extrémité L, communiquant par la bielle M en fer forgé à la manivelle N qui est montée sur l'arbre de couche O, décrit un arc de cercle dont la longueur L′ L″ est déterminée par le rayon de cette manivelle. L'autre bout *g* décrit donc aussi un arc *g′ g″* égal au premier. Or, si du milieu de la flèche de cet arc nous élevons une perpendiculaire sur la ligne horizontale passant par le centre *t* et qui indique la position du milieu du balancier, cette perpendiculaire donne l'axe du cylindre et de la tige du piston. De même, après avoir réglé la hauteur intérieure de ce cylindre, laquelle doit être égale à la longueur de la corde *g′ g″*, augmentée de l'épaisseur du piston et du jeu qui doit exister à chaque extrémité de la course, on règle aussi les deux positions extrêmes *e′ e″* du centre d'attache de la tige *e*, et de la traverse G′, en faisant en sorte que le point inférieur *e′* se trouve à une distance au-dessus du stuffingbox du couvercle A′, d'une quantité au moins égale à la moitié de la hauteur du moyeu de la traverse G′; on marque également le point milieu de la longueur *e′e″*. Puis on tire de ces trois points, qui correspondent aux trois positions principales du piston, les lignes droites qui concourent à ceux *g′*, *g‴*, *g″* du balancier, et qui indiquent exactement les directions correspondantes des bielles pendantes. On se donne ensuite une distance quelconque, *e″*, *i″*, au-dessous du point d'attache de la tige, et on la porte sur chacune de ces directions, ce qui détermine naturellement les points *i″*, *i‴* et *i′*. De ces trois derniers points comme centres, avec une longueur égale à celle que l'on veut donner au guide I, on décrit autant d'arcs de cercle, en *h′*, *h″*, *h‴*. On reporte la même longueur de *g‴* en K′ sur le balancier pour marquer l'attache de la tringle K avec celui-ci, et des points K², K¹, K″, décrivant aussi, avec un rayon égal à la distance qui existe entre les deux lignes horizontales *i‴ h‴* et *g‴ t*, d'autres arcs qui coupent les premiers aux points respectifs *h′ h‴*, *h″*, ces points appar-

tiennent à un cercle dont le centre H peut alors être trouvé très-facilement en les joignant par des droites sur le milieu desquelles on élève des perpendiculaires, comme on cherche le centre d'une circonférence dont on connaît trois points.

Il n'existe pas de proportion rigoureuse entre toutes les parties du parallélogramme que nous venons de tracer, dans les machines de diverses puissances. Pourvu qu'on ne fasse pas décrire à l'angle de la manivelle *h* H un angle trop grand, et qu'on s'arrange pour que son centre H soit convenablement appuyé sur le bâti de la machine, on peut toujours construire le parallélogramme pour que le point d'attache de la tige du piston suive une direction verticale.

Ainsi dans l'appareil du *Castor* que nous décrivons, et dont les machines sont de 60 chevaux, les constructeurs ont adopté les dimensions suivantes :

1° La longueur totale de la bielle pendante, depuis son point d'attache avec la tige du piston jusqu'à celui *g*, avec le balancier, est de 2m125
2° La distance *e″ i″*, du point d'attache de la tige à celui des guides I, est de.. 0m45
3° L'angle décrit par les balanciers inférieurs P est de....... 40°
4° Celui décrit par les manivelles *h* G est de............... 87°
5° On trouve, par la construction géométrique, que la longueur de ces manivelles doit être de........................ 0m220

Dans les appareils de 450, construits par M. Cavé, et dont les machines sont de 225 chevaux, on a les dimensions suivantes :

1° La longueur des bielles pendantes est de................ 4m10
2° La distance *e″ i″*, de................................. 0m42
3° L'angle décrit par les balanciers est de................. 42°
4° Celui décrit par les manivelles *h* H.................... 95°
5° La longueur de ces manivelles est de..................... 0m42

Dans les machines de 110 chevaux, construites par M. Pauwels, pour les appareils de 220, on a :

1° La longueur des bielles pendantes....................... 2m912
2° La distance *e″ i″* de.................................. 0m555
3° L'angle décrit par les balanciers est de................. 35°
4° Celui des manivelles *h* H............................... 60°
5° La longueur de ces manivelles est de..................... 0m470

Nous avons vu que dans les machines à balanciers construites pour manufactures ou fabriques, la longueur du balancier est généralement égale à trois fois la course du piston, ou à six fois le rayon de la manivelle; avec ce rapport, l'angle décrit par le balancier ne dépasse pas 38 degrés. Dans les machines de bateau on s'écarte un peu de ce rapport, c'est-à-dire que le

balancier n'est pas toujours triple de la course, parce qu'on cherche à rapprocher autant que possible toutes les parties de l'appareil.

Ainsi, dans *l'Érèbe*, bateau-poste, dont les machines, construites par M. Maudsley, sont de 30 chevaux, on a :

1° Rayon du balancier, ou sa demi-longueur..........	= 1m270
2° Rayon de la manivelle, ou demi-course du piston....	= 0m457
3° Rapport du balancier à la course du piston..........	:: 2,84 à 1

Dans *le Castor* (machines de 60 chevaux), on a :

1° Rayon du balancier.............................	= 1m750
2° Rayon de la manivelle N	= 0m609
3° Rapport du balancier à la course du piston........	:: 2,87 : 1

Dans les machines de 225 chevaux, de M. Cavé :

1° Rayon du balancier, ou sa demi-longueur..........	= 3m26
2° Rayon de la manivelle............................	= 1m 14
3° Rapport du balancier à la course du piston.........	:: 2,86 à 1

Cependant il y a d'autres appareils dans lesquels ce rapport est sensiblement plus grand.

Ainsi, dans les machines de 110 chevaux, de M. Pauwels :

1° Le rayon du balancier est de.......................	2m459
2° Le rayon de la manivelle...........................	0m750
3° Le rapport du balancier à la course du piston est comme	3,28 à 1

Dans les machines de 80 chevaux du *Sphinx*, par M. Fawcett :

1° Rayon du balancier................................	2m202
2° Rayon de la manivelle..............................	0m724
3° Rapport du balancier à la course du piston...........	3,04 à 1

Si d'un côté on place l'axe du cylindre dans la verticale passant par le milieu de la flèche de l'arc $g' g''$, nous ferons remarquer que de l'autre, le centre O de la manivelle n'est pas toujours dans une ligne verticale qui passerait aussi par le milieu de l'arc L' L'', comme cela a lieu dans les machines des bateaux de 220 que construit M. Pauwels, mais souvent, au contraire, sur la ligne verticale extérieure qui serait tangente à cet arc. C'est ce qui se présente dans les machines du *Castor* et dans celles des appareils de 450 de M. Cavé.

Comme dans la machine décrite précédemment, la bielle M est unique, et la manivelle est double, l'une fait corps avec l'arbre des roues, l'autre avec l'arbre intermédiaire qui relie les deux machines. Mais ici, les deux manivelles ne sont pas exactement en regard l'une de l'autre, elles forment entre elles un certain angle, assez faible du reste, et elles sont assemblées par une chape ou bride en fer. Cette disposition, qui déjà a été appliquée

plusieurs fois, a l'avantage de ne pas forcer les arbres de couche, lorsque, par défaut de montage, d'usure ou d'ajustement des coussinets, ils ne se conserveraient pas dans une direction parfaitement rectiligne.

Mouvement du tiroir de distribution. — Dans cette machine comme dans la plupart des appareils appliqués aux bateaux à vapeur, le tiroir de distribution est mû par un excentrique circulaire qui se monte sur l'arbre intermédiaire O. Lorsqu'on marche à pleine pression pendant toute la course du piston, le centre de cet excentrique se trouve sur une perpendiculaire à la direction de la manivelle ; mais lorsqu'on veut marcher par expansion pendant une partie de la course, on donne de l'*avance* au tiroir, c'est-à-dire qu'on place le centre sur un rayon tel qu'il fasse avec la manivelle un angle plus petit ou plus grand qu'un angle droit, suivant qu'elle doive tourner dans un sens ou dans l'autre. On donne aussi du *recouvrement* au tiroir, c'est-à-dire que les parties destinées à intercepter les orifices de vapeur *c* et *c'* sont sensiblement plus larges que les hauteurs même de ces orifices.

Ainsi, supposons que l'excentrique Q soit placé sur l'arbre de couche, de telle sorte que son centre se trouve sur un rayon O Q faisant, avec la direction O M' de la manivelle, un angle de 66 degrés, par exemple; admettons aussi que la largeur des parties avancées *b b'*, qui doivent couvrir les orifices de vapeur, soit un peu plus grande que celle de ces orifices, mais de quelques millimètres seulement, comme on l'a indiqué sur les tracés fig. 6, 9 et 12, il sera facile de déterminer géométriquement ce qui résultera de cette disposition.

En effet, on voit d'abord, fig. 1, que dans la position descendante donnée au piston, l'orifice supérieur *c'* est complétement ouvert, le tiroir est au plus haut de sa course, car l'extrémité du levier *k* auquel est attaché le tirant Q' de l'excentrique est à sa position k^2 la plus avancée vers la droite, et par suite le bout de la fourchette *l*, à laquelle s'adaptent les petites bielles qui s'assemblent à la traverse J du tiroir, se trouve également au sommet de l'arc *l l'* qu'il décrit. Le piston reçoit donc dans cet instant la vapeur à pleine pression ; en descendant, les balanciers auxquels il est lié par sa tige et par les bielles pendantes communiquent à la manivelle, par la bielle unique M, un mouvement de rotation dans la direction de la flèche (fig. 1).

Lorsque le piston arrivera vers la partie inférieure de sa course, la manivelle approchera de la verticale O M, fig. 8, le centre Q de l'excentrique se trouvera en Q', les leviers *k* et *l* occuperont les directions indiquées en lignes pleines sur la fig. 10, et le tiroir sera descendu dans la position dessinée fig. 9. Ses parties avancées *b b'* sont entièrement changées par rapport aux orifices, le premier *c'* communique avec le condenseur par l'intérieur du tiroir, il a déjà même commencé à s'ouvrir avant que le piston soit complétement arrivé à l'extrémité de sa course ; aussi le vide est déjà en grande partie, fait, dans la partie supérieure du cylindre, au-dessus du piston, lorsque celui-ci est au bas de sa course. Mais on voit aussi que

par la grande avance supposée du tiroir, et au peu de recouvrement qu'on vient de lui donner, l'orifice inférieur *c*, a aussi commencé à s'ouvrir à l'introduction avant que la manivelle ait atteint la position N′ (fig. 8) : la vapeur, qui ne peut entrer dans le cylindre au-dessous du piston, puisqu'il descend encore, tend à s'opposer évidemment à sa marche descensionnelle.

En donnant au tiroir une moindre avance et plus de recouvrement, on peut évidemment faire en sorte qu'il n'ait pas encore découvert l'orifice d'entrée de vapeur au cylindre, lorsque le piston est arrivé à l'extrémité de sa course, et que l'orifice d'évacuation se trouve, au contraire, déjà en communication avec le condenseur.

Les fig. 11 et 12 montrent à quel moment la vapeur est interceptée, dans l'hypothèse que nous avons faite ci-dessus, lorsque la manivelle descend et qu'elle s'approche de la position verticale N″, fig. 5. On peut déterminer, par suite, quelle est la portion de la course du piston pendant laquelle la vapeur agit par expansion. Dans la plupart des navires à vapeur, construits jusqu'ici et appliqués à la navigation internationale, on a réglé les tiroirs de manière à marcher à détente pendant une très-faible partie de la course.

Ainsi, dans *le Sphinx*, le constructeur a adopté les données suivantes :

1° Dimensions des orifices d'entrée de vapeur au cylindre	Longueur.	= 0m 380
	Largeur.	= 0m 097
2° Dimensions des tiroirs.	Hauteur de la bande plane des tiroirs.	= 0m 127
	Course totale des tiroirs.	= 0m 203

D'après ces données, les tiroirs ont été réglés comme il suit :

Le sommet du tiroir supérieur affleure le dessus de l'ouverture qui conduit la vapeur au cylindre sur le piston, et le bas du tiroir inférieur affleure le dessous de l'ouverture qui conduit la vapeur sous ce piston.

Dans leur position la plus élevée, le bas du tiroir supérieur couvre de 27 millimètres le haut du passage de la vapeur, et le piston se trouve à la moitié de sa course en descendant ; lorsque celui-ci est arrivé aux 29/30es de sa course, le tiroir est descendu de 70 millimètres, et ferme l'ouverture supérieure tandis que le passage du dessous du piston au condenseur est encore ouvert ; la vapeur agit alors par expansion, jusqu'à la fin de la course du piston ; à cet instant la communication de dessus du piston s'établit avec le condenseur, mais le tiroir inférieur doit encore descendre de 30 millimètres avant de donner passage à la vapeur par l'ouverture inférieure, ce qui exige que le piston se relève de 1/30e de sa course avant de recevoir l'impulsion de la force motrice. Dans la marche régulière de cet appareil, la tension de la vapeur dans la chaudière n'est pas de plus de 0m251 au-dessus de la pression atmosphérique.

Dans d'autres appareils, les tiroirs ont été réglés de manière à donner

une bien plus grande détente. Ainsi il en existe qui marchent par expansion avec 1/9e ou 1/8e de la course du piston; il y en a quelques autres qui marchent avec 1/7e et même 1/6e.

Dans les grands appareils de 450, construits en 1843, les constructeurs étaient tenus, suivant le marché contracté avec la marine, d'établir un système de détente variable depuis le 1/5e jusqu'à la moitié de la course. Lorsque la tension de la vapeur dans les cylindres est capable de faire équilibre à une colonne de mercure de 0m 127 en sus de l'atmosphère, les chaudières doivent fournir assez de vapeur pour qu'en réglant convenablement la résistance, les roues puissent faire 16 1/3 tours par minute. Dans les machines adjugées au Creuzot, MM. Schneider ont adopté, pour la distribution, des tiroirs demi-cylindriques, comme dans *le Véloce* et *le Sphinx*, et pour l'expansion, une *soupape à lanterne*, dite *soupape du Cornuailles* (1), qui peut être facilement réglée par le machiniste, et donner rapidement une détente variable suivant la résistance. Nous croyons pouvoir assurer que ce système de détente est adopté par les autres constructeurs des paquebots transatlantiques.

Dans les bateaux de 220, que construit M. Pauwels, les orifices d'entrée de vapeur au cylindre ont :

De largeur....................................	= 0m 097
Celle de la plate-bande des tiroirs est de......	= 0m 164
La course de ces derniers est de...............	= 0m 240
L'avance est de 1/3 ou........................	= 0m 080

Du reste, nous donnons ci-après le tableau des principales dimensions de plusieurs parties des machines établies à bord de différents navires à vapeur. Nous avons pensé qu'il pourrait être utile pour plusieurs de nos lecteurs. Nous y joindrons un second tableau, qui donnera les résultats de calcul déduits de ces dimensions, et fera connaître les surfaces des pistons, celles des roues à pales, ainsi que les volumes de vapeur et d'eau, engendrés par ces pistons dans un temps donné.

Bati de l'appareil. — Le bâti de plusieurs des machines construites par MM. Maudsley et Cie, est d'une forme gothique, comme le montre le dessin (fig. 1, pl. 16). Cette forme, qui est à la fois élégante et solide, a aussi été adoptée pour des bateaux de grande puissance, et notamment pour les appareils de 450. Dans ces derniers, la hauteur verticale du bâti, depuis le niveau des carlingues jusqu'au centre des manivelles, n'a pas moins de 6 mètres.

Nous avons indiqué, sur les fig. 2 et 3, des sections horizontales faites dans différentes parties du corps P de ce bati, à la hauteur des lignes 1-2 et 3-4 de la fig. 1.

(1) Voir la description détaillée de ces soupapes, vie volume, p. 466.

TABLE DES DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES A BASSE PRESSION

	DÉSIGNATION DES PIÈCES PRINCIPALES.
Cylindre à vapeur	Diamètre intérieur du cylindre
	Longueur de la course du piston
	Nombre de coups doubles par minute
	Pression de la vapeur dans la chaudière
	Diamètre de la tige du piston à vapeur
Orifices de vapeur	Diamètre du conduit de vapeur au cylindre
	Longueur des orifices
	Hauteur desdits
	Hauteur de la bande plane des tiroirs
	Course des tiroirs
Pompe à air	Diamètre intérieur de la pompe à air
	Course du piston de cette pompe
	Diamètre de la tige en cuivre du piston
Pompe alimentaire	Diamètre de la pompe alimentaire
	Course du piston de cette pompe
Balanciers, bielles, axes	Longueur totale de chaque balancier d'axe en axe
	Hauteur au milieu ou au centre de l'essieu
	Diamètre du corps de cet essieu
	Longueur des deux bielles pendantes
	Diamètre à leur milieu
	Diamètre aux extrémités
	Longueur de la bielle communiquant aux manivelles
	Diamètre au milieu
	Diamètre vers les extrémités
Tourillons des arbres	Diamètre des tourillons intérieurs (c'est-à-dire près des manivelles)
Roues à pales	Diamètre des roues à l'extérieur des cercles qui réunissent les rayons
	Diamètre des roues à l'extérieur des pales
	Diamètre des roues à l'intérieur desdites
	Nombre de pales fixes, par roue
	Longueur des pales
	Largeur des pales

ET A DOUBLE EFFET, DE PLUSIEURS NAVIRES A VAPEUR DE L'ÉTAT.

MACHINE du LIAMONE, de 25 chevaux.	MACHINE de L'ÉRÈBE, de 30 chevaux.	MACHINE du CASTOR, de 60 chevaux.	MACHINE du SPHINX, de 80 chevaux.	MACHINE de MILLER, de 140 chevaux.	MACHINE DES BATEAUX transatlantiques de 225 chevaux.
0m 752	0m 816	1m 090	1m 221	1m 450	1m 930
0 840	9 914	0 218	1 448	1 500	2 280
30c	33c	25c	21c 930	22c	16c 333
0m 950	0m 950	0m 950	0m 900	0m 900	0m 900
0 068	0 082	0 110	0 121	0 143	0 200
0 153	0 174	0 244	0 280	0 320	» »
0 265	0 295	3 380	0 380	» »	0 800
0 060	0 065	0 078	0 097	0 067	0 160
» »	0 110	0 130	0 127	0 164	» »
0 150	0 166	» »	0 203	0 240	» »
» »	0 460	0 600	0 715	0 783	1 150
0 120	0 457	0 609	0 724	0 750	1 110
0 045	0 500	0 070	0 076	0 090	0 130
0 080	0 089	0 115	0 110	0 134	0 240
» »	0 427	0 609	0 724	0 750	1 110
2 310	2 580	3 500	4 404	4 918	6 520
0 500	0 560	0 750	0 741	0 800	1 160
» »	0 180	0 230	0 285	0 315	0 400
1 640	1 750	2 125	» »	2 912	4 100
0 070	0 080	0 100	0 110	» »	0 185
0 035	» »	» »	0 091	» »	0 155
1 910	2 050	2 634	3 720	3 634	5 170
0 105	0 130	0 165	1 135	0 179	0 260
0 065	0 082	0 110	0 123	0 139	0 220
0 170	» »	0 239	0 259	0 330	0 340
» »	3 790	» »	6 094	» »	» »
3 500	3 657	5 321	5 944	7 416	8 600
2 360	2 857	3 961	4 622	3 384	7 200
12 »	10 »	14 »	16 »	12 »	24 »
1 530	1 380	2 150	2 438	» »	3 »
0 570	0 400	0 680	0 661	1 016	0 700

UTILISATION

DES GAZ PERDUS DES HAUTS-FOURNEAUX

PROCÉDÉS DE TRÉVERAY

Pour compléter ce que nous avons dit dans notre dernier article sur le travail du fer par les gaz des hauts-fourneaux, nous devons mentionner d'une manière spéciale les résultats obtenus en grand aux mines de Tréveray (Meuse), au moyen des procédés manufacturiers qu'ont créés MM. Laurens et Thomas, ingénieurs, et MM. Dandelarre et de Lisa, propriétaires de ces usines.

Le 21 juin 1841, une communication, accompagnée de très-beaux échantillons de fer marchand au gaz, fut faite à ce sujet à l'Académie des sciences, par un ingénieur ; environ deux mois après, M. Granville donna à l'Académie la note, publiée plus tard, sur les travaux de M. Favre-Dufaure à Wasseralingen ; il y disait que, d'après la volonté du roi de Wurtemberg, tout ce qui aurait été fait dans cette usine, avait été tenu secret jusqu'à ce jour.

Depuis le commencement de juin, le travail au gaz n'est plus à l'état d'essai à Tréveray, mais bien à l'état manufacturier, et livrant régulièrement des produits au commerce. Les gaz y sont peu riches en matières combustibles, puisqu'ils proviennent d'un haut-fourneau en moulerie. Néanmoins ils donnent la chaleur la plus intense et la plus régulière dont on ait besoin dans toutes les élaborations du fer. Tous les gaz du haut-fourneau sont recueillis, et par leur seule combustion sans le secours d'un autre combustible, on convertit en fer en barres la fonte produite chaque jour par le haut-fourneau, et même 1/6 en sus.

Les procédés de Tréveray appellent particulièrement l'attention des maîtres de forges, en ce que, indépendamment de l'économie évidente de combustible, ils ont atteint une régularité de travail et une certitude de résultats bien précieux pour l'industrie ; leur application produirait encore un autre grand avantage, c'est l'amélioration notable de la qualité des fers, tout en diminuant de moitié le déchet total de fabrication.

MM. Laurens et Thomas ont bien voulu mettre à notre disposition des dessins des divers appareils relatifs à ces nouveaux procédés qu'ils ont déjà appliqués dans plusieurs usines.

NAVIRES A VAPEUR

CALCULS

ET DONNÉES PRATIQUES DES MACHINES EXISTANTES.

On a vu, dans un tableau précédent, les dimensions des principales parties des machines à vapeur établies à bord de plusieurs navires de différentes puissances, appartenant à la marine de l'État. Nous allons faire connaître maintenant les calculs qui résultent de ces données, et que nous avons réunis dans la table suivante.

Cette table donne d'abord les surfaces des pistons, celles des orifices de vapeur, et les sections des tiges, bielles et tourillons; elle donne ensuite les volumes engendrés par les pistons, soit en totalité, soit par force de cheval, en adoptant la puissance nominale des machines. Il est à remarquer que ces volumes ont été calculés en multipliant la surface par la course entière du piston, ce qui ne veut pas dire qu'ils expriment la dépense réelle d'eau ou de vapeur. Comme toutes ces machines peuvent marcher à un certain degré de détente, il est évident qu'il faudrait déduire des capacités totales trouvées, celles résultant de la génération du piston pendant le temps qu'il marche par expansion, pour avoir la dépense effective de la vapeur.

Or, comme il importe de pouvoir au besoin augmenter la puissance, soit pour que le navire ait une course plus rapide, soit parce qu'il éprouve plus de résistance, il est bon de pouvoir à cet effet varier la détente, et même marcher à pleine pression pendant toute la course du piston, s'il était nécessaire. Les chaudières doivent alors être d'une capacité suffisante pour produire toute la quantité de vapeur dépensée dans ce dernier cas.

Nous avons aussi donné, comme mémoire, quelques dimensions relatives aux roues à pales; mais nous reviendrons sur ces dernières avec détail.

Nous croyons qu'il est d'autant plus intéressant de connaître aujourd'hui ces appareils à vapeur et leurs dimensions, que le gouvernement se propose d'en faire établir un grand nombre qui, nous l'espérons, se feront tous en France.

TABLE DONNANT LES RÉSULTATS DES CALCULS FAITS

	SUPPUTATIONS DES SURFACES ET SECTIONS.
PISTON A VAPEUR	Surface totale du piston à vapeur
	Surface par force de cheval
	Section de la tige de ce piston
	Section de la tige par force de cheval
ORIFICES DE VAPEUR	Aire du conduit de vapeur des chaudières aux cylindres
	Section des orifices de vapeur au cylindre
	Section des orifices de vapeur au cylindre par force de cheval
POMPE A AIR	Surface du piston de la pompe à air
	Section de la tige du piston
ARBRES ET BIELLES	Section de l'arbre des balanciers
	Section des bielles pendantes.. maximum
	Section des bielles pendantes.. minimum
	Section de la grande bielle.... maximum
	Section de la grande bielle.... minimum
	Sections des tourillons intérieurs des arbres des manivelles
ROUES A PALES	Surface de l'une des pales de chaque roue
	Surface totale de toutes les pales de chaque roue
	Surface totale, id., par force de cheval et par roue
	Supputations des volumes et capacités.
CYLINDRES A VAPEUR	Volume engendré par le piston à vapeur, à chaque coup simple
	Volume total par seconde
	Volume total par cheval et par seconde
POMPE A AIR	Volume d'eau engendré par le piston de la pompe à air à chaque révolution.
	Volume id. id. id. par minute
	Volume id. id. id. par cheval et par minute.
POMPE ALIMENTAIRE	Volume engendré par le piston de la pompe alimentaire à chaque révolution.
	Volume engendré par minute
	Volume engendré par cheval et par minute

D'APRÈS LES DIMENSIONS DES MACHINES PRÉCÉDENTES.

MACHINE du LIAMONE, de 25 chevaux.	MACHINE de L'ÉREBE, de 30 chevaux.	MACHINE du CASTOR, de 60 chevaux.	MACHINE du SPHINX, de 80 chevaux.	MACHINE de MILLER, de 110 chevaux.	MACHINE DES BATEAUX transatlantiques de 225 chevaux.
4453c.q. 29	5229c.q. 63	9331c.q. 33	11709c.q. 06	16060c.q. 61	29255c.q. 36
178 11	174 32	155 52	146 35	146 06	130 02
36 52	52 80	95 38	111 09	160 61	314 16
1 45	1 76	1 38	1 44	1 46	1 40
188 69	229 66	467 60	615 75	804 25	» »
171 »	191 75	296 40	368 60	» »	1280 »
6 84	6 59	4 94	4 61	» »	5 68
» »	1661 94	2827 44	4015 10	4815 20	10386 91
15 90	19 64	38 48	45 56	63 62	132 73
» »	254 47	415 48	» »	779 31	1256 64
38 48	50 27	78 54	95 03	» »	268 80
23 76	» »	» »	65 04	» »	188 59
86 59	132 75	213 83	188 69	254 65	530 93
33 18	52 81	35 03	118 82	151 75	380 13
226 98	» »	415 48	526 05	855 30	1520 53
88d.q. 21	55d.q. 20	133d.q. 20	161d.q. 15	148 84	210 »
1058 52	552 »	2004 80	2578 40	1786 08	5040 »
21 16	9 20	16 74	16 11	8 12	11 20
374d.c. 08	477d.c. 99	1136d.c. 56	1695d.c. 47	2409d.c. 10	6770d.c. 21
448 89	525 70	947 13	1239 39	1706 67	3631 36
17 96	17 53	15 79	15 49	16 06	16 14
» »	76 96	172 19	280 70	361 14	1184 11
» »	2539 52	4304 78	6375 05	7945 08	19340 46
» »	84 65	71 75	79 68	72 23	85 90
2 11	2 84	6 31	11 15	13 97	35 81
75 96	93 82	157 73	244 61	307 39	584 95
3 04	3 13	2 96	5 06	2 80	2 60

RÈGLE DE WATT POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DU CYLINDRE A VAPEUR.

Nous avons donné, dans le Ier volume de ce Recueil, les règles pratiques et les tables relatives aux dimensions principales des diverses parties des machines à vapeur fixes à basse pression; nous n'aurions pas à y revenir, si nous ne désirions faire connaître la formule employée par le célèbre Watt pour déterminer le diamètre du piston à vapeur.

Cette formule exprimée en mesures métriques, est :

$$\frac{K \times D^2 \times 2C \times N}{4500^{km}} = F.$$

dans laquelle on a :

F = force nominale de la machine en chevaux;

D = le diamètre du piston en centimètres;

C = la course du piston en mètres;

N = le nombre de révolutions de la manivelle par minute;

K = coefficient qui exprime la pression effective de la vapeur par centimètre circulaire.

Dans les machines où la tension de la vapeur est au plus de 90 cent. dans la chaudière, ce coefficient, d'après Watt, est seulement égal à $0^k\,38125$ par cent. circulaire, ce qui correspond à $0^k\,485$ environ par centimètre carré.

On déduit donc le diamètre du piston, pour une force donnée de machine, en transformant la formule précédente en celle-ci :

$$D^2 = \frac{F \times 4500^{km}}{K \times 2C \times N.}$$

Ainsi, supposons une machine de 80 chevaux dans laquelle la vapeur doit agir sur le piston avec une force effective moyenne de $0^k\,38125$, et admettons que le nombre des révolutions de la manivelle soit de 225 par minute, et que la longueur de la course soit de $1^m\,448$, on aura

$$D^2 = \frac{80 \times 4500}{0{,}38125 \times 2 \times 1448 \times 22,}$$

d'où D = égal $1^m\,217$.

Nous avons vu que, dans les machines du *Sphinx*, qui sont de la force nominale de 80 chevaux, le diamètre du cylindre est de $1^m\,221$.

Dans une machine construite pour un bateau de même puissance, et dans laquelle la course du piston est de $1^m\,372$, le nombre des révolutions étant 23,5 par minute, et qui peut marcher à pleine pression pendant les 0,725 de la course du piston, le diamètre du cylindre est de $1^m\,231$; la dépense de vapeur à chaque coup n'est alors que de $1^{m.c.}\,1834$.

Dans les machines des navires de 220, comme ceux que construit M. Pauwels, le piston marchant aussi à pleine vapeur pendant les 0,725 de la course, c'est-à-dire 1^{m} 0875 sur 1^{m} 500, le diamètre du cylindre est de 1^{m} 43, et la dépense de vapeur à chaque coup, avec cette détente, n'est que $1^{m.c.}$ 7466, tandis que nous avons trouvé $2^{m.c.}$ 4090, en supposant qu'on marchât à pleine pression pendant toute la course.

Dans ce dernier cas la puissance réelle de la machine (en admettant seulement le coefficient 0,38125), serait

$$F = \frac{0{,}38125 \times (1{,}43)^2 \times 2 \times 1{,}50 \times 22,}{4500^{km}}$$

ou F = 114,35 chevaux au minimum.

Nous terminerons ces données pratiques par quelques dimensions prises sur les machines des principaux navires à vapeur anglais, d'après le *Mechanic's Magazine*.

Dans *le Président*, bâtiment de 540 chevaux, construit par M. Fawcett, de Liverpool.

Les cylindres à vapeur ont, de diamètre intérieur. 2^{m} 033;
La course des pistons à vapeur est de............ 2^{m} 288;

Dans le *Great-Western*, de la force nominative de 420 chevaux,

Le diamètre des cylindres à vapeur est de....... 1^{m},867;

Dans le *British-Queen*, de 500 chevaux, construit avec le condenseur de Hall,

Le diamètre des cylindres est de............... 1^{m} 969
La longueur de la course du piston, est de....... 2^{m} 135
Le nombre de révolutions par minute, de........ 14^{r} 5;

Dans l'*India*, de 350 chevaux, par le même constructeur,

Le diamètre des cylindres est de................ 1^{m} 600
La course des pistons, de..................... 1^{m} 754

POIDS ET PRIX DE QUELQUES APPAREILS A VAPEUR.

Le poids des deux machines de 25 chevaux qui composent l'appareil du bateau-poste *le Liamone*, construit par MM. Maudsley, Field et Cie, est de... 20000 kilog.

Le poids des roues à aubes, de..................... 4000

Nous avons vu que le poids de la chaudière et de la cheminée est de... 14000

Le poids total de l'appareil est donc de.. 38000 kilog.

La longueur du bateau est de........................... 28 mètres
Sa largeur de... 5m 10
La profondeur de la carène sur quille ou tirant d'eau, de 1m 75
Le volume d'eau déplacée, de......................... 165 m. cub.

Poids des deux machines et chaudière composant un appareil de 120 chevaux, tels que celui du *Hambourg*, par MM. Fawcett et Cie, de Liverpool :

Poids des pièces	en fonte de fer.......	41740 kil.	= 103695 kilogr.
Id.	en fer battu et forgé..	56195	
Id.	en cuivre jaune.......	3585	
Id.	en cuivre rouge.......	1238	
Id.	en plomb............	937	

Le prix d'un tel appareil complet, y compris les frais d'un contre-maître et de deux ouvriers pour la pose à bord du navire, est, pris aux ateliers, à Liverpool, de.................................... 128,500 francs.

Le prix d'un appareil de même puissance, construit par MM. Barns et Miller, à Londres, est de........... 116,000 francs.

Le poids des deux machines de 80 chevaux, de l'appareil du *Sphinx*, par MM. Fawcett et Ce, avec les chaudières, est près de.......................... 162000 kilogr.

Nous avons vu que le poids des chaudières seules est de plus de...................................... 42181 kilogr.

Les premiers appareils de même force construits sur ce modèle en France, ont coûté plus de 350,000 fr. Les prix en ont été successivement réduits à 300,000, 295,000 et 280,000 francs. C'est encore au-dessous de ce dernier taux qu'on les établit aujourd'hui.

Les appareils de 220 chevaux, en construction en France, en 1842, étaient payés...................... 368,000 francs. y compris les chaudières, pièces de rechange, transport et pose. C'est environ 1,672 francs par force de cheval nominal,

Tous ces prix ont été considérablement diminués depuis que plusieurs maisons spéciales se sont outillées pour une telle fabrication.

Les appareils de 450 chevaux ont été adjugés à nos principaux constructeurs, à qui ils ont été confiés, à raison de...................................... 810,000 francs. ce qui correspond à 1,800 francs par force de cheval nominal.

TOUAGE A VAPEUR

PAR

M. TOURASSE, Ingénieur-Mécanicien, à Lyon

Il y a déjà quelque temps que nous avons reçu de M. Tourasse des données intéressantes sur le mode de navigation connu sous le nom de *touage à vapeur* (1); nous croyons qu'elles peuvent très-bien faire suite aux descriptions des appareils qui viennent d'être examinés, espérant que cette question, qui est de la plus grande importance dans l'application sur nos fleuves et rivières, intéressera plusieurs de nos lecteurs.

Employés à l'intérieur, nous dit M. Tourasse, si ce n'est comme bateaux de poste à l'embouchure de nos fleuves ou sur les rivières peu rapides, les bateaux à vapeur sont loin d'avoir rendu les services qu'on en attendait.

« Ainsi, contre les courants un peu forts, ils ne peuvent soutenir la concurrence avec le halage, pour l'économie des transports; leur principal avantage est dans leur vitesse; mais cette vitesse, qui leur coûte énormément, ne leur est pas payée, et bien des marchandises n'ont pas tant besoin d'être transportées avec célérité que d'être rendues à jour fixe; de plus, la plupart des marchandises ne peuvent supporter l'excès de dépense que la vitesse occasionne, surtout en rivière. »

Pour démontrer la nécessité de substituer le *touage à vapeur* aux bateaux avec roues à aubes, toutes les fois qu'il s'agit de remonter des courants avec célérité et économie, M. Tourasse a dressé le tableau suivant, que nous nous empressons de transcrire, persuadé que des chiffres parlent souvent mieux que de longues phrases.

(1) Ce système de navigation consiste à appliquer la puissance motrice à mouvoir des treuils ou cabestans placés à bord du *toueur*, et sur lesquels s'enroule sans interruption une chaîne ou un câble attaché à un point fixe. Ce mode, éprouvé en 1732 par le maréchal de Saxe, mais avec des chevaux, était alors vicieux et compliqué; ce n'est qu'en 1818 qu'on est parvenu à le perfectionner et à l'utiliser. M. Tourasse, principalement, y a apporté des améliorations notables.

Voir l'Essai sur les bateaux à vapeur appliqués à la navigation intérieure et maritime, par M. Tourasse, ingénieur-mécanicien, et M. Mellet, ingénieur (1 vol. in-4°, 1829).

TABLEAU COMPARATIF

De la puissance motrice nécessaire aux bateaux à vapeur avec roues à aubes et aux toueurs à vapeur, pour naviguer en remonte sur le Rhône, de Beaucaire à Lyon, la vitesse moyenne du courant étant évaluée à 2^m 50 *par seconde.*

(PAR M. TOURASSE, INGÉNIEUR-MÉCANICIEN)

VITESSE ASCENDANTE par seconde des bateaux avec roues à aubes et des toueurs.	PUISSANCE RELATIVE A 1 MÈTRE DE SECTION		
	BATEAUX A VAPEUR AVEC ROUES A AUBES		TOUEURS A VAPEUR.
	PUISSANCE en chevaux-vapeur.	VITESSE DU MÊME en eau morte.	PUISSANCE en chevaux-vapeur.
mètres.	chevaux.	mètres.	chevaux.
0 50	» »	» »	0 75
0 75	» »	» »	1 32
1 »	» »	» »	2 0
1 50	12 80	4 48	4 »
2 »	21 60	5 68	6 75
2 50	33 33	6 56	10 41
3 »	48 40	7 50	15 12
3 50	67 20	8 15	21 »
4 »	90 13	8 90	28 17

Les trois premières lignes de la deuxième colonne, ont été laissées en blanc, en ce qu'avec moins de douze chevaux de puissance par mètre de section, un bateau à vapeur avec roues à aubes, ne peut surmonter sans aide tous les courants du Rhône.

Les chiffres de la troisième colonne, servent à démontrer combien on se tromperait, si l'on pensait déduire de la vitesse d'un bateau en eau morte celle qu'il aurait en rivière, en admettant qu'il doit y prendre une vitesse telle que celle du courant, plus celle du bateau, représentent exactement sa vitesse en eau morte.

Exemple : Soit un bateau remontant le Rhône, avec une vitesse de 2^m 50 par seconde, les deux vitesses réunies donnent 5^m ; donc, pour qu'un bateau à vapeur avec roues à aubes soit en état de remonter le Rhône, avec une vitesse moyenne de 2^m 50, sa vitesse en eau morte devra être 6^m 56 et sa puissance de 33,33 chevaux par mètre, soit par seconde 1^m56 de plus que la somme des deux vitesses. Cette différence est énorme et équi-

vaut à peu de chose près, à seize chevaux en plus, par mètre de section.

La vitesse d'un bateau à vapeur en eau morte, de profondeur et de largeur indéfinies, se déduit de la puissance, en prenant deux fois la racine cubique du quotient de la force motrice en chevaux, divisé par le produit de la largeur et du tirant d'eau.

Exemple : Soit un bateau de 1^m de section, mû par une force ou puissance de 15,625 chevaux,

$$V = 2 \sqrt[3]{\frac{15,625}{1}} = 2 \times 2^m50 = 5 \text{ mètres.}$$

Par une opération inverse, on déduit leur puisssance ou force motrice de leur vitesse, en prenant le huitième de la largeur et du tirant d'eau, qu'on multiplie par le cube de la vitesse.

Exemple : Soit un bateau de 1^m de section, marchant avec une vitesse de 5^m par seconde,

$$F = \frac{1}{8} \times 1 \times 5^3 = 125 \times 125$$

ou 15,625 chevaux-vapeur.

La puissance ou force motrice des bateaux à vapeur avec roues à aubes, naviguant contre des courants, est très-difficile à déterminer d'une manière rigoureuse, attendu que les pertes d'effet augmentent ou diminuent selon que les courants sont plus ou moins rapides. Aussi, pour ne pas trop errer avant de dresser ce tableau, M. Tourasse a recueilli une foule de faits desquels il a déduit la formule suivante, qui n'est cependant applicable qu'aux bateaux dont la puissance est suffisante pour franchir sans aide tous les courants;

soit $$\frac{R \times s\,(V + v)^2 \times v \times P}{F}$$

R, ou 12^k50, représente en rivière la résistance d'un mètre carré du maître-couple pour la vitesse d'un mètre par seconde.

s, section du maître-couple.

V, ou 2^m50, vitesse moyenne du Rhône par seconde.

v, vitesse du bateau.

P, ou 3,2, représente la perte d'effet due à l'emploi des roues à aubes par suite de la mobilité du point d'appui, qui se dérobe sans cesse sous elles.

F, ou 75 kilog., force ou puissance d'un cheval-vapeur.

Exemple : On demande la puissance que doit avoir un bateau à vapeur

avec roues à aubes, d'un mètre de section, remontant le Rhône avec une vitesse de 1m 50 par seconde?

$$F = \frac{12{,}5 \times 1\ (2{,}5 + 1{,}5)^2 \times 1{,}5 \times 3{,}2}{75}$$

soit 12,80 chevaux.

La formule du touage est la même que ci-dessus, moins la quantité P.

Exemple : Quelle doit être la puissance motrice d'un toueur à vapeur de un mètre de section, pour remonter le Rhône avec une vitesse moyenne de 3m par seconde ?

$$F = \frac{12{,}5 \times 1\ (2{,}5 + 3)^2 \times 3}{75}$$

soit 15,12 chevaux-vapeur.

Quoique, dans ces derniers temps, on ait outré sur le Rhône les dimensions et surtout la longueur des bateaux à vapeur qu'on y emploie, quels que soient les soins que l'on ait apportés dans la confection des coques et des machines pour les rendre plus légères, on n'est parvenu qu'avec beaucoup de peine à avoir des bateaux dont la puissance à vide égale 40 chevaux par mètre de section. D'après le tableau, on voit qu'avec cette puissance on ne peut guère atteindre, sur ce fleuve, une vitesse moyenne de plus de 2m 70 par seconde, tandis qu'il ne faudrait que douze chevaux environ par le touage à vapeur pour remonter avec la même vitesse.

MACHINE

A RÉDUIRE EN POUDRE ET A EFFILER LES BOIS DE TEINTURE

PAR

M. BÉRENDORF, Mécanicien, à Paris

(PLANCHE 17)

On sait que pour extraire des bois étrangers le plus possible de la matière tinctoriale qu'ils renferment, il faut les diviser extrêmement, de manière à les réduire en parcelles très-petites. Les moyens généralement employés à cet effet, jusqu'à ces dernières années, consistaient à varloper les bois, c'est-à-dire à les découper en copeaux très-minces, puis à soumettre ces mêmes copeaux à l'action de meules en pierre qui les réduisaient en lamettes ou en poudres aussi fines qu'on voulait l'obtenir.

Ce système exigeait ainsi deux appareils distincts, prenant chacun une force assez considérable pour être mis en activité, et présentait d'ailleurs des inconvénients, surtout dans le nouveau procédé d'extraction de la teinture dont on fait usage aujourd'hui presque partout, procédé que l'on doit à M. Souarce, qui s'est fait breveter en France pour 15 ans.

Nous croyons qu'il est à propos d'en dire quelques mots, avant de decrire l'appareil de M. Bérendorf, dont le travail convient parfaitement à ce mode d'extraction.

M. Souarce a pensé avec raison que, pour bien extraire des diverses racines ou bois étrangers la matière colorante qu'ils peuvent contenir, il fallait non-seulement qu'ils fussent suffisamment divisés, mais encore que les parcelles ou les poudres extraites fussent soumises à l'action d'un courant forcé d'eau chaude. Il crut devoir, à cet effet, construire un appareil fort simple que l'on pourra aisément comprendre, nous en sommes persuadé, par une simple explication sans figure.

Que l'on s'imagine un vase cylindrique en cuivre de 0^m60 à 0^m70 de diamètre sur 0^m90 à 1 mètre de hauteur, ayant à sa base un double fond, également en cuivre, et fermé à sa partie supérieure élargie, par un couvercle percé de trous et maintenu solidement par des traverses avec des coins ou des vis, dans le genre des couvercles autoclaves. On remplit l'es-

pace compris entre le couvercle et le faux fond, de bois de teinture en poudre, tassé, sans être cependant trop fortement comprimé. Le faux fond, rapporté à plusieurs centimètres au-dessus de la base, est aussi percé de trous pour donner passage à l'eau chaude que l'on y fait arriver à l'aide d'une pompe foulante, dont le tuyau s'adapte à une tubulure ménagée à la partie inférieure de l'appareil. Cette eau, forcée de traverser toute la masse divisée contenue dans le vase, ne trouve d'autre issue que par les ouvertures du couvercle supérieur; elle en sort donc, non sans s'être chargée de matière tinctoriale. Une tubulure latérale est pratiquée au-dessus du couvercle pour conduire cette eau saturée dans des réservoirs propres à la recevoir. Cette opération se continue ainsi jusqu'à ce qu'on reconnaisse qu'il ne sort plus que de l'eau pure non colorée. On enlève alors le couvercle, pour retirer tout le résidu qui ne contient plus de couleur, et on donne issue à l'eau qu'il peut contenir et à celle qui se trouve entre les deux fonds par un robinet placé *ad hoc*, pour recommencer bientôt une opération semblable.

Cet appareil, qui, comme il est aisé de le voir, est de la plus grande simplicité, a l'avantage d'extraire ainsi des bois propres à la teinture toute la matière colorante qu'ils renferment, et cela d'une manière continue. On conçoit qu'il a dû être adopté généralement dans l'industrie. Disons, en passant, que l'auteur le construisait primitivement en bois; aujourd'hui il le fait, comme nous l'avons dit plus haut, entièrement en cuivre. Nous en avons vu un grand nombre en confection chez M. Raymond, mécanicien, à Paris, qui s'est aussi occupé de la construction des machines à réduire les bois de teinture, lesquelles reposent sur un autre principe de construction que celui que nous allons décrire, comme nous le ferons voir bientôt.

Par la machine nouvellement perfectionnée par M. Bérendorf, mécanicien fort habile, non-seulement on évite l'emploi des meules qui étaient nécessaires à la trituration, mais on obtient des poudres ou des affilages parfaitement en rapport avec les procédés d'extraction actuels, et qui conviennent surtout fort bien dans une foule de circonstances. En homme de pratique et d'intelligence, qui sait comprendre toute l'importance de cette fabrication et en apprécier les résultats, M. Bérendorf a étudié, avec une persévérante activité, les inconvénients et les difficultés que présentent les différentes natures de bois, pour lesquels tous les moyens proposés de les travailler ne peuvent être les mêmes. Il a compris qu'il fallait construire une machine qui permît de réduire en poudre ou d'affiler, non-seulement des bois réguliers et présentant peu de branches ou de nœuds, mais encore les racines les plus irrégulières, et composées souvent d'une infinité de ramilles qui sont fort embarrassantes, quelquefois remplies de pierres ou de terre, et par cela même dangereuses pour la machine et pour l'ouvrier qui la conduit.

M. Bérendorf est arrivé à surmonter les difficultés en remplaçant d'abord les couteaux ordinaires, montés sur un plateau conique, par des couteaux

dentelés, qui, dans le vif mouvement de rotation imprimé à ce plateau, déchirent le bois que l'on soumet à leur action, et le divisent ainsi en parcelles très-fines. Pénétré des bons résultats obtenus par la dentelure de ces couteaux, il les disposa bientôt pour qu'en leur présentant les branches de bois ou les racines, de manière à être tangentes à la circonférence du plateau, ou à faire avec les rayons de celui-ci des angles plus ou moins obtus, on obtienne des affilages plus ou moins grands, c'est-à-dire des filaments dans la direction de ceux du bois, plus ou moins longs. Or, on sait que certains bois de teinture, ainsi divisés en filaments, au lieu d'être réduits complétement en poudre, sont très-favorables à une bonne extraction. En effet, d'après le procédé de M. Souarce, on a pu reconnaître que, lorsque les poudres étaient trop réduites, on opérait très-difficilement (elles passaient à travers l'espèce de filtre qui ferme le vase, pour s'échapper avec l'eau sans être déchargées de leur matière colorante); dans certains cas même, l'opération devenait impraticable, tandis qu'elle se fait très-bien et très-rapidement lorsque le bois est simplement affilé.

L'auteur a si bien compris les avantages de ce mode de travailler les bois de teinture, qu'aussitôt après avoir pris un brevet de perfectionnement pour ses nouveaux moyens, il a monté à ses frais, dans son propre établissement, plusieurs machines commandées par un moteur à vapeur de la force de 12 chevaux, pour exploiter cette fabrication à Paris. Il n'en continue pas moins d'en construire pour l'intérieur de la France et pour l'étranger.

Plusieurs constructeurs très-capables ont proposé et mis à exécution, dans ces dernières années, divers appareils pour réduire les bois de teinture en poudre, en évitant l'action des meules. Ainsi M. E. Philippe, ingénieur-mécanicien à Paris, a établi une machine composée d'une espèce de cylindre ou tambour armé de fragments de lames de scie circulaires distribuées sur la circonférence, de manière à attaquer successivement toutes les parties du bois soumises à leur action. Il pouvait ainsi obtenir une division très-grande, et par conséquent une poudre fine et régulière. Ce tambour tourne d'ailleurs avec une rapidité extrême, et qui n'est pas moindre de 400 à 500 révolutions par minute. Disons, en passant, que cet excellent constructeur, qui a étudié d'une manière toute particulière les moyens de travailler le bois, vient de monter un établissement spécial pour la fabrication de nouveaux parquets composés d'un grand nombre de morceaux triangulaires ou carrés, qu'il débite et qu'il assemble mécaniquement.

M. Vallery, de Rouen, qui s'est acquis une belle réputation par son système de grenier mobile, a conçu une machine propre à réduire les bois en poudre, sans se servir de la main de l'homme pour maintenir les bois pendant le travail. Ainsi il a établi une espèce de tour à chariot, dont le plateau, fixé sur l'arbre, en reçoit un mouvement de rotation rapide, et est armé de lames convenablement disposées; le chariot portant la bûche de bois qu'on veut triturer, s'avance graduellement contre ces lames par le

mouvement même imprimé à l'arbre du tour. Par cette disposition, il suffit de mettre la bûche sur la machine, comme on monte une pièce sur un tour parallèle ordinaire, et on n'a plus à s'en occuper, jusqu'à ce qu'elle soit presque complétement divisée. Mais on conçoit qu'elle ne peut être évidemment appliquée à toute espèce de bois. Il faut choisir des morceaux droits et réguliers; les racines, les branches tortueuses ne peuvent y être travaillées, à moins qu'on ne les maintienne à la main.

La machine de M. Raymond paraît avoir quelque analogie avec celle de M. Bérendorf; elle se compose d'un plateau ou disque circulaire, animé aussi d'un vif mouvement de rotation continu et armé de lames de scie au lieu de couteaux tranchants et dentelés, comme ceux appliqués par ce dernier constructeur. Nous croyons que ces scies présentent moins de solidité, et doivent moins bien couper que les couteaux en acier dentelés, dont la forme et la construction s'approchent beaucoup des outils analogues employés dans la menuiserie et l'ébénisterie.

DESCRIPTION DE LA MACHINE BÉRENDORF,

REPRÉSENTÉE PLANCHE 17.

Nous allons d'abord décrire l'appareil tel que M. Bérendorf l'a disposé pour triturer et réduire en poudre les différentes espèces de bois propres à la teinture; nous donnerons ensuite la simple modification qu'il y a apportée pour rendre cette machine susceptible de faire les affilages.

La fig. 1re du dessin, pl. 17, représente le plan général de l'appareil tout monté et disposé pour être commandé par un moteur hydraulique ou à vapeur.

La fig. 2 en est une coupe verticale faite par l'axe de l'arbre de commande, suivant la ligne 1-2 du plan.

Et la fig. 3 désigne une section transversale, perpendiculaire à la précédente, faite suivant la ligne 3-4, et vue du côté du plateau porte-lames.

Il sera aisé de voir par ces figures que toute la machine se compose de trois parties principales que nous décrirons successivement, savoir :

1° D'un disque ou plateau circulaire armé de lames ou couteaux dentelés, et son application à l'affilage;

2° D'un chariot propre à presser le bois à diviser contre le plateau;

3° D'un moulin à noix destiné à compléter la trituration des parties qui auraient échappé à l'action des couteaux.

Du plateau porte-lames. — Ce plateau consiste en un disque de fonte A, convenablement évidé à l'intérieur, et présentant à l'extérieur deux troncs de cône à base commune, et dont la surface est exactement tournée. Douze entailles y sont ménagées à égale distance sur toute la circonférence pour recevoir autant de lames ou couteaux aciérés *a*, dont la forme est suffisamment rendue par les détails (fig. 8). On voit en effet que d'un côté, sur toute une moitié, ils sont cannelés, de manière à présenter par le bout

une suite de dents triangulaires, dans le genre de celles d'une scie. Ces cannelures sont préalablement faites, avant la trempe des couteaux, à l'aide d'une machine fort simple et très-ingénieuse, que M. Bérendorf a dû construire exprès pour cet objet. L'autre moitié de ces couteaux est évidée au milieu, comme les fers des rabots de menuisier, afin de former coulisse pour permettre de les traverser par un boulon qui sert à les fixer aux oreilles *b*, venues de fonte à l'intérieur de la jante du plateau, et pour pouvoir aussi, à mesure qu'ils sont usés, les sortir de la circonférence.

Ces couteaux sont fortement trempés et peu revenus; quand ils ont besoin d'être affûtés, on les présente sur la meule comme un fer ordinaire, sans qu'il soit nécessaire de les détremper, à moins d'un accident grave (comme un ébréchage très-profond); les dentelures restent naturellement formées. Comme, en livrant la machine à l'acheteur, le constructeur fournit toujours un jeu de couteaux de rechange, on conçoit qu'on peut travailler longtemps avant d'être obligé de recourir au mécanicien pour en faire faire de nouveaux.

Le porte-couteaux A est alésé à son centre, et ajusté, avec précision, sur un arbre de couche en fer B, qui se prolonge de chaque côté; il y est solidement fixé par une clef à demeure et par une clavette conique qui traverse son moyeu. L'arbre B porte, à une extrémité, les deux poulies en fonte C et C′, et à l'autre le volant D. La première des deux poulies est fixe pour recevoir du moteur une vitesse de rotation qui n'est pas de moins de 300 tours par minute; la seconde est folle et sert à interrompre le mouvement. Le volant est nécessaire pour régulariser la marche de l'appareil et vaincre les résistances accidentelles qui se présentent pendant le travail, comme des nœuds par exemple ou des parties dures, étrangères quelquefois à la nature des bois.

Comme l'arbre fatigue beaucoup, et qu'on est obligé de lui donner toute la longueur de la machine, il est prudent de le faire porter sur trois paires de coussinets c, c', c^2, afin qu'il ne flambe pas vers le milieu, qui est surtout la partie où il éprouve le plus d'effort latéral. Ces trois paires de coussinets sont en bronze, ajustés dans des paliers en fonte, dont les deux premiers sont fondus avec la plaque d'assise E, laquelle est boulonnée sur les fortes traverses en bois F du bâti de la machine; ils sont aussi recouverts et retenus par des chapeaux en fonte de forme ordinaire.

Tout le bâti qui porte cette machine est en bois, composé de forts montants verticaux G, qui s'assemblent par le bas avec les madriers H, formant l'assise et reposant sur le sol; ils s'assemblent par le haut avec les traverses F, qui, elles-mêmes, sont rassemblées et boulonnées avec les pièces longitudinales I. Des panneaux en planches *d* ferment les côtés de la machine.

Du chariot repoussoir. — Le morceau de bois *e* (fig. 1), que l'on veut soumettre à l'action des lames pour le réduire en poudre, est maintenu, pressé contre ces dernières, par la partie coudée *f* d'un chariot en fonte J,

qui marche horizontalement entre les coulisses. Une coupe transversale de ce chariot, faite suivant la ligne 5-6 de la fig. 2, est représentée détachée sur la fig. 7. On voit qu'il porte de chaque côté deux paires de galets étroits *g*, mobiles sur leurs axes, et logés exactement dans les coulisseaux dressés, ménagés à l'intérieur des règles de fonte K. Par cette disposition, il peut glisser très-facilement entre ces règles, et dans une direction parallèle à l'arbre du plateau.

A sa base est adapté un crochet auquel on attache une corde *h*, qui, passant sur un rouleau *i*, dont les tourillons sont portés par des oreilles venues de fonte, avec les règles K, descend s'accrocher à une grande pédale L. Celle-ci a son point d'appui sur le bouton *j*, contre un des montants G du bâti; elle est coudée à l'autre bout, et s'élargit, comme pour former marchepied. Une bride en fer *k*, fixée au bâti, l'empêche de s'écarter du plan vertical dans lequel elle doit se mouvoir. Il est aisé de voir qu'en appuyant le pied sur cette pédale, on tend à faire avancer le chariot de droite à gauche, et par conséquent à presser le bois contre le plateau porte-couteaux.

Cette pression ayant lieu à l'aide du pied, on comprend déjà que les deux mains de l'ouvrier sont entièrement libres; il en résulte qu'il peut toujours tenir le bois solidement, quelque tortueux qu'il soit, et lui faire prendre toutes les positions possibles, sans être embarrassé.

Pour écarter le chariot, lorsqu'un bois est achevé, avant d'en reprendre un autre, il lui suffit d'abandonner la pédale, et d'appuyer en arrière contre une pièce en fer M, qui présente une forme convenablement arrondie, et qui est boulonnée à la nervure supérieure du chariot. Le changement peut donc s'opérer avec la plus grande facilité et très-rapidement.

On voit par le plan fig. 1, que le bois est présenté obliquement à l'action des lames, par rapport à la direction de ses fibres; cette position inclinée est nécessaire pour déchirer les bois avec plus de facilité et surtout avec moins de force. On conçoit en effet que, si on le présentait exactement par le bout, les couteaux frotteraient contre lui et en détacheraient difficilement les parcelles; ils ne pourraient faire qu'une poussière très-fine, qui, comme nous l'avons déjà dit, n'est pas convenable pour le mode d'extraction actuellement en usage.

Application a l'affilage. — C'est en reconnaissant les bons résultats obtenus au moyen de cette simple observation, que M. Bérendorf a été amené à apporter un perfectionnement remarquable qui rend l'affilage facile et commode. Ainsi, il a modifié la forme de son plateau porte-lames; il l'a disposé comme l'indiquent les fig. 7 et 10, qui le représentent de face vu intérieurement et coupé par son axe.

La surface extérieure de ce nouveau plateau est cylindrique, le côté tranchant des lames, qui sont toujours dentelées comme précédemment, et assujetties de même aux oreilles intérieures *b*, est exactement parallèle à l'axe et comprend presque toute la largeur du disque.

Il est aisé de voir que, si l'on pose le morceau de bois *e* que l'on veut affiler sur la table de la machine, en le présentant, comme on le suppose sur la fig. 9, à peu près tangentiellement à la circonférence du plateau, les couteaux enlèveront des filaments qui seront d'autant plus longs que le bois lui-même sera posé plus perpendiculairement à la direction de la table, et au contraire, ils seront d'autant plus courts qu'il sera plus couché vers celle-ci. On obtient ainsi des affilages tels qu'on peut les désirer, et tels surtout qu'il est essentiel de les produire pour le commerce.

Il est évident qu'en adoptant cette nouvelle disposition de plateau porte-lames, il faut aussi modifier le chariot repoussoir, qui, dans ce cas, doit agir dans une direction perpendiculaire à l'axe. Cette modification très-naturelle est extrêmement facile à faire; nous n'avons pas cru devoir en répéter le tracé.

Du moulin a noix. — Pour rendre l'opération complète, et ne rien laisser désirer à sa machine, M. Bérendorf a cru devoir y ajouter un petit moulin qui permît de broyer les parties non suffisamment réduites, telles que les éclats qui se détachent du bois pendant le travail, et les bouts trop petits que l'homme ne peut tenir pressés contre les couteaux.

Ce moulin se compose d'une cloche en fonte N, boulonnée sur une traverse O également en fonte et fixée à deux des madriers H (fig. 3). Elle est garnie intérieurement d'un certain nombre de fortes saillies *l*, comme le montrent le plan vu en dessus, fig. 5, et la coupe verticale par son axe, fig. 6. La noix en fonte P, qui est renfermée dans cette cloche, et que l'on voit en projection horizontale, fig. 4, est aussi munie à sa surface extérieure, de dents angulaires *l'*; c'est entre ces dents et les saillies *l*, que les copeaux de bois sont d'abord déchirés. Une denture plus fine, et toujours de forme triangulaire, mais taillée à la main, est encore pratiquée à la partie inférieure de la cloche et de la noix, afin d'achever le broyage en divisant les copeaux plus complétement. Ce moulin a, comme on le voit sans peine, beaucoup d'analogie avec ceux destinés à la fabrication du tan, du tabac, etc.

La noix reçoit un mouvement de rotation qui est égal à celui de l'arbre de commande B, au moyen des deux roues d'angle de fonte Q Q', dont l'une est fixée sur cet arbre, près du plateau, et l'autre sur le sommet d'un axe vertical R, à la partie inférieure duquel la noix est ajustée avec soin et assujettie par une nervure.

Cet axe vertical est retenu vers le haut par une chaise de fonte S, boulonnée contre la traverse F (fig. 1 et 2), et munie d'un chapeau. — Il pivote, par le bas, sur un grain d'acier ajusté dans une crapaudine en cuivre *m*, qui le maintient latéralement. Cette crapaudine est elle-même ajustée dans la partie cylindrique alésée de la traverse de fonte O.

Pour soulager le moulin, c'est-à-dire pour pouvoir donner plus ou moins d'écartement entre les dents de la noix et celles de la cloche, il est nécessaire de soulever l'axe d'une très-faible quantité. A cet effet, la crapaudine ne repose pas sur un fond fixe, mais, au contraire, sur le bout

arrondi d'une chape en fer *n*, qui est assemblée à charnière avec un balancier coudé T, dont le point fixe est à une extrémité en *o*, et dont l'autre bout est suspendu à une vis verticale *p*. L'écrou de cette vis est à oreilles, pour pouvoir le faire tourner à la main; il s'appuie directement sur la traverse de fonte O.

Les éclats de bois ou les copeaux que l'on veut soumettre à l'action du moulin sont jetés dans une espèce de trémie en planches U, d'où ils se rendent dans la cloche.

On a pu voir, sur les figures premières du dessin, que des gardes V V′ sont placées de chaque côté du plateau porte-lames, pour projeter au dehors les éclats ou copeaux de bois trop forts qui doivent être broyés à part au moulin. — Ce ne sont autres que des équerres en fer convenablement courbées et fixées sur la table de la machine.

La force nécessaire pour mettre cette machine en activité, en faisant faire au porte-lâmes 150 à 160 révolutions par minute, est estimée à trois chevaux-vapeur.

MACHINES

A DIVISER ET RELEVER LES MOLETTES

POUR

LA GRAVURE DES CYLINDRES D'IMPRESSION

Par M. HUGUENIN

MÉCANICIEN A MULHOUSE

(PLANCHES 18 ET 19)

Après avoir donné le dessin de la belle machine à graver les cylindres d'impression de M. Huguenin, nous avons pensé qu'il serait utile de publier aussi les machines à diviser et à relever les molettes, également construites par cet habile mécanicien, à qui nous devons d'avoir eu, non-seulement l'autorisation de relever ces appareils avec détail (1), mais encore les documents précis qui nous ont servi à en faire les descriptions.

Ces machines sont aujourd'hui aussi indispensables à un graveur sur rouleaux que le tour à graver, par la grande économie de temps et de main-d'œuvre qu'elles apportent dans le travail, comme par l'avantage du mode de gravure en creux, qui remplace celle en relief ou au poinçon que l'on pratiquait autrefois.

La machine à relever les molettes, qui n'est autre qu'une espèce de laminoir, a pour objet d'obtenir, par une forte pression et par un mouvement de rotation continu, une gravure en saillie sur une molette en acier non trempé, à l'aide d'une molette gravée en creux et faite en acier trempé.

La machine à diviser est destinée à graver les molettes en creux, de la même manière que les cylindres ou rouleaux, au moyen de molettes gravées en relief et en acier trempé. Ce moyen s'emploie lorsque le dessin est très-petit, c'est-à-dire lorsque celui-ci n'est pas assez grand pour occuper tout le développement de la circonférence de la mère-molette. On grave alors ce dessin sur une molette d'une dimension quelconque, en ayant bien soin de le rapporter en tous sens, pour qu'il y soit complétement rendu. Avec cette molette on en fait une autre en relief sur la machine à relever.

(1) C'est à l'obligeante amitié de notre beau-frère, M. J. Amouroux, ingénieur civil, alors professeur au collége et à l'école industrielle de Mulhouse, que nous devons les dessins très-complets et bien exacts des diverses machines à graver de M. Huguenin.

Cette seconde molette sert ensuite à multiplier le dessin ainsi gravé sur la circonférence d'une troisième molette, à l'aide de la machine à diviser. Cette dernière molette doit être tournée à un diamètre parfaitement exact pour recevoir le dessin, sur tout son pourtour, un certain nombre de fois, et de manière que ce nombre soit entier, afin que les dessins, successivement répétés, se rejoignent bien sans se croiser, ni sans laisser d'intervalle entre eux.

On divise également la molette sur sa longueur pour reproduire les dessins de la même manière, en ayant encore soin que cette division soit aussi précise dans ce sens que sur la circonférence.

Pour bien comprendre le travail de ces deux machines, il est nécessaire de les étudier avec le secours du dessin ; nous allons donc les décrire successivement, afin d'en faire bien voir la composition et le jeu. Il sera facile de reconnaître, à l'aspect des dessins, le cachet du constructeur qui a su apporter à ces appareils, comme à tout ce qui regarde cette intéressante fabrication, des améliorations vraiment remarquables. Nous commencerons par la machine à relever, qui est la plus simple.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A RELEVER LES MOLETTES,

REPRÉSENTÉE PLANCHE 18.

Cette machine est représentée extérieurement, en élévation sur la figure 1, et en projection horizontale sur la fig. 2; elle est aussi vue intérieurement dans la coupe longitudinale (fig. 3), faite par son milieu suivant la ligne 1-2, et dans la coupe transversale (fig. 4), faite suivant la ligne 3-4.

Il est aisé de voir, par ces figures, que les parties essentielles qui composent cette machine sont les deux systèmes porte-molettes, dont l'un inférieur fixe est destiné à recevoir la molette d'acier trempé gravée en creux, et l'autre, supérieur et libre, portant la molette à graver en relief, et qui doit opérer une forte pression sur la première.

Système porte-molettes fixe. — Ce système se compose d'un support en fonte A, formant une espèce de caisse ou boîte rectangulaire, assujettie par deux boulons sur la table de la machine. Des entailles demi-circulaires *a* (voy. les détails au 1/5 en coupe et en plan, fig. 7 et 8) sont ménagées sur les deux parois verticales et parallèles de cette boîte, pour recevoir les tourillons des deux cylindres ou rouleaux *b*, en fer trempé au paquet, et qui ne servent qu'à supporter la molette-mère *c*, laquelle est, comme nous l'avons dit, gravée en creux. Cette molette est ainsi soutenue sur toute sa longueur : elle ne peut donc se courber ni se fausser sous la grande pression qui s'exerce contre elle, et, par conséquent, elle n'est pas en danger de se déranger ni de se rompre.

La table en fonte B, sur laquelle est fixé le support A, est horizontale et à nervures ; elle s'assemble par ses côtés latéraux aux bâtis de fonte C, qui

forment deux châssis verticaux et parallèles, posant sur le sol de l'atelier, et reliés par deux tirants ou entretoises en fer D. (Le cadre du dessin n'a pas permis de donner la véritable hauteur que portent ces châssis en exécution, on devra la rectifier par les côtés). Leur forme peut être suffisamment comprise par la section horizontale (fig. 5), faite dans une partie de leur hauteur suivant la ligne 7-8 de la fig. 1.

Les cylindres *b*, dont on voit un détail au 1/5, sur la fig. 9, ont leur longueur invariablement déterminée par l'écartement des deux côtés échancrés de la caisse A. Ils restent les mêmes, quelle que soit d'ailleurs la dimension de la molette-mère, qui est nécessairement variable suivant la nature et l'objet du dessin que l'on y a gravé, comme aussi de celle sur laquelle on veut obtenir le relief.

Système porte-molettes supérieur. — Ce second porte-molettes est construit d'une toute autre manière que le premier. Il se compose d'une pièce principale en fonte E, qui est renforcée en épaisseur à la tête, et s'élargit, mais plus mince, à l'autre extrémité, où elle est soutenue sur un axe à tourillons *d*. Cet axe est en fer, carré dans toute sa longueur et fixé par des vis au-dessous et à la partie coudée de la pièce; les deux tourillons qui le terminent sont mobiles dans les espèces de chaises *e*, venues de fonte avec la table, comme l'indique la coupe particulière, fig. 6, qui est faite suivant la ligne 5-6 du plan fig. 2; elles pourraient au besoin être rapportées si on le jugeait convenable; sur le dessin on les voit recouvertes de leurs chapeaux de fonte.

Dans la tête du même support E sont fixés, de chaque côté, par trois boulons à écrous, deux coulisseaux en fer *f*, entre lesquels sont ajustés des porte-coussinets *g*, qui peuvent se rapprocher ou s'écarter à volonté suivant la longueur des molettes à graver. Nous croyons que la construction de ces porte-coussinets est suffisamment rendue dans le détail fig. 10. La demi-coquille en cuivre, qui s'y trouve ajustée, y est retenue par une nervure qui l'empêche de sortir latéralement, et une petite équerre la retient au-dessous. Ces coquilles embrassent la moitié de la circonférence des tourillons de la molette *h*, sur laquelle on veut reproduire en relief la gravure faite en creux sur la précédente *c*.

Pour obtenir cette reproduction, il est nécessaire d'agir avec une forte pression sur la tête du support E, en faisant en sorte surtout que cette pression ait lieu dans une direction verticale passant par l'axe des molettes et dans toute la longueur de celle-ci, ou quelquefois plus grande sur un bout que sur l'autre. Le constructeur a cru devoir disposer le mécanisme à cet effet de la manière suivante :

Ayant rapporté sur la table B quatre colonnettes en fer F, qu'il y retient solidement par des écrous, il fixe sur ces dernières un large chapeau en fonte G, renflé à son centre et fileté pour recevoir une forte vis de rappel H, dont la tête porte un tourne-à-gauche. En manœuvrant celui-ci, on fait tourner la vis d'un côté ou de l'autre, et par conséquent on la fait

monter ou descendre. Or, le bout aciéré et trempé de cette vis appuie sur une plaque en fer *i*, qui repose horizontalement sur deux petits cylindres ou rouleaux d'acier *j*, tournés avec soin à un égal diamètre. (Voy. le détail au 1/5 de l'un de ces rouleaux sur la fig. 12). — Cette disposition est nécessaire pour que le bout de la vis ne puisse faire faire aucun mouvement au porte-molettes supérieur E, dans le cas où il y aurait adhérence par une trop grande pression, parce qu'alors c'est la plaque qui roulerait sur les galets sans faire effort sur le porte-molettes, et par conséquent sans influer sur le parallélisme des axes des molettes.

Un système de tige, de leviers et de bascule est établi dans l'intérieur de la machine pour pouvoir soulever, à l'aide du pied, tout le support mobile E, ou le laisser redescendre au besoin. Ainsi, un balancier en fer I, qui a son point fixe à l'extrémité *k* (fig. 3), porte une tige à double chape J, dont on peut varier à volonté le point d'attache. Cette tige est assemblée aussi à un levier en fer méplat K, qui a son centre d'oscillation vers son milieu en *l*, et qui, à l'autre bout, s'adapte à une barre méplate L, articulée avec la bride en fer *m*, vissée au-dessous du support mobile. Chacune de ces pièces est disposée, comme l'indique le dessin, de manière à pouvoir varier leur point de jonction, afin de modifier la course propre du support. Pour manœuvrer avec ce système, il suffit de poser le pied à l'extrémité du balancier, qui est munie d'un galet; en appuyant sur ce dernier de haut en bas, on soulève évidemment le porte-molettes (cela suppose toutefois que la vis de pression H est desserrée).

Il est quelquefois nécessaire d'exercer une pression plus forte à une extrémité de la molette à graver qu'à l'autre pour avoir un relief plus prononcé, ou bien on a besoin d'obtenir un relief bombé, c'est-à-dire plus fort au milieu que sur les bords; on peut aisément produire ces résultats à l'aide des deux vis de pression *n*, qui traversent l'axe carré en fer *d*, auquel le support est adapté. Il est aisé de concevoir qu'en serrant plus ou moins l'une de ces vis par rapport à l'autre, on pourra faire incliner légèrement le porte-molettes d'un côté ou de l'autre, et obtenir ainsi l'effet voulu.

Mouvement des molettes. — Sur l'un des bouts carrés de la molette *h*, que nous avons supposé devoir être gravée en relief, est ajusté un manchon en fer *o*, soutenu par la pointe à vis *p*, comme sur une pointe de tour. A l'autre extrémité est aussi adapté un axe M, supporté par une lunette et portant la roue dentée N de 108 dents, par laquelle il reçoit un mouvement de rotation qu'il transmet évidemment à la molette. Cette roue engrène avec un pignon droit O de 27 dents, dont l'axe est ajusté dans une longue douille en fonte P, qui lui sert de support et qui se boulonne contre une équerre en fonte P' boulonnée sur la table de la machine. On fait tourner le pignon et, par conséquent, la roue qu'il commande, à la main par la manivelle *q*, avec la vitesse convenable et qui est proportionnée souvent à la nature de la gravure que l'on veut reproduire. La maîtresse-

molette *c* ne tourne que parce qu'elle est entraînée par le contact de la première *h*.

Lorsque les molettes sont d'un faible diamètre, ce qui arrive ordinairement pour de petits dessins, on peut les faire marcher directement sans engrenages. Il suffit alors de retirer la roue N et de mettre à sa place un manchon et la manivelle *q*, pour faire tourner l'axe M, et par conséquent la molette *h*.

Comme les molettes peuvent avoir non-seulement des diamètres plus ou moins forts, mais bien aussi des longueurs différentes, il est utile d'avoir entre l'axe M et la molette *h* un manchon d'assemblage *o'* (fig. 4), portant d'un bout un quarré qui s'ajuste dans cet axe, et un trou de même forme qui reçoit la molette. On a de ces manchons de rechange suivant les besoins.

L'axe M est embrassé par une lunette en cuivre *s*, qui lui sert de support, et qui est ajustée dans l'ouverture rectangulaire ménagée à la partie supérieure de la chaise de fonte Q (voy. le détail, vue de face et coupe verticale, fig. 11). Cette chaise est boulonnée contre le bord de la table, et repose de plus sur celle-ci par deux appendices *t* qui lui appartiennent. Comme il est indispensable de varier la position du centre de la roue, par cela même que les molettes sont susceptibles d'être plus grandes ou plus petites que celles représentées sur le dessin, il faut que le coussinet *s* puisse monter ou descendre. A cet effet, une vis de rappel *u*, taraudée dans l'épaisseur du chapeau qui recouvre la chaise, et retenue par un petit collet au haut du coussinet, permet de le régler exactement à la position qu'il doit occuper. Le support *v* de la pointe à vis, qui se trouve du côté opposé, doit être à coulisse pour permettre aussi de baisser ou d'élever cette pointe proportionnellement à l'abaissement ou à l'élévation de la lunette, et par conséquent de l'axe de la molette.

Nous devons faire remarquer, en terminant la description de cette machine, qu'il se présente dans le travail du report de la gravure d'une molette sur l'autre, une particularité assez curieuse : il se produit une différence dans la dimension de la gravure, qui n'est pas la même lorsque c'est la molette-mère qui reçoit le mouvement, et qu'elle entraîne l'autre par le simple contact, ou lorsque, au contraire, c'est celle-ci qui commande la première. Ainsi on remarque que, si la molette-mère est menée, le relief vient plus petit sur la molette à graver, et si, au contraire, celle-ci est menée le relief est plus gros, toutes choses égales d'ailleurs dans les dimensions des deux molettes.

DISPOSITION DE LA MACHINE A DIVISER LES MOLETTES,

REPRÉSENTÉE PLANCHE 19.

Les machines à relever et à diviser les molettes sont deux appareils tout à fait distincts, comme on a pu le voir au commencement de cet article,

par la définition que nous en avons donnée; aussi on les construit, en général, séparément, et elles sont tout autant indispensables l'une que l'autre à un graveur sur rouleaux. Cependant M. Huguenin a quelquefois établi ces deux machines sur un même bâtis; mais il n'y a réellement pas une grande économie sous le rapport de la construction, et on doit trouver plus commode de les avoir séparées.

La machine à diviser ne comprend pas seulement les systèmes porte-molettes, mais encore les appareils qui permettent d'effectuer les divisions sur la circonférence et aussi sur la longueur des molettes. Ainsi ces dernières, en outre de leur mouvement de rotation, peuvent avoir un mouvement longitudinal qui n'est pas nécessaire, et que nous n'avons pas vu dans la machine à relever.

La vis de rappel et le compteur appliqués pour déterminer la division sur la longueur de la molette, exigent une très-grande exactitude; car on est quelquefois obligé, surtout quand les dessins sont très-petits, de les multiplier de côté, quatre, cinq, six fois et plus. Lorsqu'on grave le relief de cette molette-mère, on ne lui donne pas rigoureusement le même diamètre qu'à celle-ci, on cherche toujours, au contraire, à obtenir des nombres incommensurables, c'est-à-dire que, si la molette-mère porte à la circonférence sept objets, par exemple, on fera le relief plus gros, de manière à enobtenir un nombre qui ne soit pas divisible par le premier.

On procède de même, pour enfoncer le relief sur le rouleau ou cylindre à graver, en faisant toujours croiser les objets sur la circonférence et sur le côté; car quoique la molette porte cinq ou six rangées du dessin reproduit, et toutes à la suite l'une de l'autre, on ne la change cependant que d'une seule rangée : elles font ainsi successivement l'effet des roues dentées qui s'engrènent.

Nous aurons donc à examiner dans la machine à diviser :

1° La table et le porte-molette inférieur;

2° Le compteur servant à la division de la circonférence des molettes;

3° La vis de rappel et le compteur qui déterminent la marche longitudinale de la molette inférieure ;

4° Le porte-molette supérieur avec son système de pression.

On pourra facilement reconnaître ces différentes parties dans les quatre figures d'ensemble de la pl. 19. Les deux premières désignent une élévation et un plan de toute la machine, les deux autres sont deux sections verticales, l'une faite suivant la ligne 1-2, et l'autre suivant la ligne 3-4 du plan fig. 2.

De la table et du porte-molette inférieur. — Comme dans la machine précédente, les porte-molettes reposent sur une table en fonte B, horizontale et à nervures, et boulonnée à deux châssis verticaux et parallèles C, reliés de même par des entretoises en fer D. Sur une partie dressée et un peu plus élevée de cette table, sont posés et fixés deux coulisseaux en fer *a* entre lesquels est ajusté, à queue d'hironde, le porte-molette

inférieur A, qui peut ainsi glisser dans le sens de la longueur, et, par conséquent, prendre des positions variables et déterminées par le compteur et la vis de rappel que nous allons voir.

Les coulisseaux *a* existent dans toute la largeur de la table; l'un d'eux peut être serré par des vis de pression latérales *b*, taraudées dans le bord relevé de la table. Le porte-molette est sensiblement plus long que ces coulisseaux. Sur sa base supérieure sont ajustés et fixés deux autres coulisseaux *c* parallèles aux premiers, mais beaucoup plus courts. Ils reçoivent entre eux les coussinets *d* munis de leurs demi-coquilles de cuivre pour porter les tourillons de la molette-mère *e*. Ainsi on peut toujours rapprocher ou écarter à volonté ces deux coussinets, suivant la longueur donnée à cette molette.

Diviseur de la circonférence de la molette. — Les deux parties extrêmes de la molette sont carrées, comme nous l'avons déjà vu dans la machine précédente, afin de pouvoir l'assembler à un axe qui lui donne un mouvement de rotation. Mais, comme elle est susceptible de varier de longueur, il faudrait changer cet axe à chaque fois, si le constructeur n'avait eu le soin d'appliquer comme intermédiaires, des manchons de rechange qui relient ses deux extrémités avec deux fragments d'axes, de manière que, lorsqu'ils sont en place, ils marchent ensemble, entraînés comme un arbre d'une seule pièce.

Ainsi, d'un bout, on voit un court manchon *f* (fig. 4, et détails fig. 5), percé d'un trou carré qui reçoit une extrémité de la molette, et ajusté aussi dans une partie de même forme pratiquée à l'extrémité de l'axe en fer *g*, armé d'une manivelle. C'est au moyen de celle-ci qu'on lui donne un mouvement de rotation, pour aider à tourner la molette-mère sans donner trop d'effort à la roue de division G, ou encore pour servir à polir cette molette, afin d'enlever les refoulures. On peut mettre et retirer le manchon et l'axe à volonté, suivant qu'on le juge nécessaire. Ce bout d'axe est soutenu par une lunette en cuivre E, qui se fixe à vis sur le bord du chariot porte-molette.

A l'autre bout de la molette-mère est aussi assemblé un second manchon *f'*, qui est souvent plus long que le précédent, et qui pénètre de la même manière dans la partie percée de l'axe F, avec lequel il peut être centré exactement, et fixé par quatre vis de pression. Cet axe se prolonge jusqu'au dehors du chariot A, où il porte une roue dentée en rochet G, appelée la roue de division. Cette roue est composée d'un limbe en cuivre taillé à denture fine, avec une grande précision, et rapporté à vis sur la circonférence d'un cercle en fonte et à rayons, retenu par un écrou sur le bout de l'axe, comme on le voit sur la fig. 4.

Un levier ou balancier en fer méplat G', que l'on voit en détail sur la fig. 6, au 1/5e d'exécution, est libre autour du même axe, derrière la roue, et porte un rochet *h*, dont le bout s'engage dans les dents de cette roue, et y est maintenu engagé par un ressort *i*. Il résulte de cette disposition,

qui présente beaucoup d'analogie avec celle que nous avons expliquée dans la machine à graver les cylindres, qu'en soulevant le balancier, comme il est libre sur l'axe, son rochet *h* fera marcher la roue d'une certaine quantité, qui est proportionnelle à la longueur développée du dessin exprimé sur la molette. Le constructeur a aussi fait l'application d'un arc en fonte H, à coulisse, comprenant un demi-cercle complet, et assujéti sur le bord du chariot porte-molette pour servir en même temps, par son centre, de coussinet à l'axe F. Dans la coulisse de cet arc, s'ajuste un toc ou buttoir en fer *j* (voy. le détail en élévation et en plan, fig. 7 et 8), et sur lequel vient s'arrêter le levier à rochet.

Diviseur de côté de la molette. — Pour opérer la marche longitudinale et régulière de la molette-mère, M. Huguenin a disposé au-dessous de la table une vis de rappel I, qui, d'un bout, est portée par une lunette ou collet en cuivre *k*, et qui, de l'autre, se termine en pointe mobile dans une platine *l* également en cuivre. Le collet et cette platine détaillée au 1/5ᵉ, fig. 9, sont vissés sur les parois latérales extérieures de la table.

Au-dessous du chariot porte-molette est adapté un écrou en bronze *m*, qui est traversé par la vis de rappel, et en reçoit un mouvement transversal qu'il transmet naturellement au système avec lequel il fait corps. Mais, afin de connaître la quantité dont on fait marcher cet écrou à chaque fois qu'on fait tourner la vis, on a eu le soin d'appliquer sur la tête de celle-ci une petite roue divisée J (fig. 1, et détails fig. 10), portant à sa circonférence, une poignée à l'aide de laquelle on la tourne à la main. Le canon, ou moyeu de cette roue, est embrassé par l'œil d'un levier à manche K, semblable à celui qui vient d'être décrit, et armé comme lui d'un rochet *n* qui est aussi retenu dans les dents de la roue à l'aide d'un ressort (fig. 1 et 2). Un cercle en fer à coulisse L est également rapporté contre la table, et environne une partie de la roue, pour recevoir le buttoir qui sert d'arrêt au levier à manche.

Du porte-molette supérieur et de son système de pression. — Ce porte-molette se compose d'un support mobile en fonte M, semblable à celui qui a été appliqué dans la machine à relever les molettes, et qui a été reconnu d'un très-bon usage dans toutes les machines employées pour la gravure des rouleaux ou des molettes. Il est aussi fixé sur un axe en fer N, dont les extrémités tournées sont reçues dans les paliers O, venus de fonte avec la table ; des chapeaux coudés en fer, et retenus par des vis, recouvrent ces paliers. Un fort ressort P (fig. 1 et 3), vissé sur cette même table, tend à repousser le support, pour maintenir la molette *o*, qu'il porte soulevée au-dessus de la molette-mère, afin de soulager la pression.

Dans une entaille pratiquée au-dessous de la tête de ce support est placée une platine en fer *p*, portant deux coulisseaux, entre lesquels sont ajustés, avec soin, les deux coussinets *q*, qui peuvent ainsi être plus ou moins espacés, suivant la longueur de la molette *o*, dont ils reçoivent les tourillons.

Un double système de pression est appliqué au support mobile M, pour opérer son action sur la molette inférieure. Ainsi on voit, d'une part, une vis verticale *r* qui appuie à son extrémité de haut en bas, et qui est taraudée dans la partie supérieure de la douille en cuivre Q, représentée seule au 1/5e, fig. 11. Dans la partie inférieure prolongée de cette même douille est aussi taraudée une tige verticale R, qui, de cette sorte, peut être rallongée ou raccourcie suivant le diamètre des molettes; cette tige est assemblée, par articulation, au balancier en fer S, au bout duquel est accroché un poids. Sur la fig. 3, on peut remarquer que ce balancier peut avoir deux points d'appui, l'un en *s* et l'autre en *s'*; lorsqu'on veut avoir peu de pression, on enlève la cheville *s'*, le levier bascule autour de *s*; par conséquent le rapport entre la puissance représentée par le poids suspendu et la résistance ou la pression à exercer, est diminué; lorsque, au contraire, on retire la cheville *s*, le levier oscille autour de *s'*, le rapport entre la puissance et la résistance est plus grand: le même poids adapté au levier exerce donc une pression plus forte sur le support, et, par suite, sur les molettes. Si on laisse ces deux goupilles en place, le levier est complétement immobile, et alors on peut exercer sur le support une pression beaucoup plus considérable, au moyen de la vis *r*, que l'on tourne à la main par la manivelle dont elle est armée.

Deux vis de pression *t*, taraudées dans l'épaisseur de la tête du support mobile, s'appuient sur la platine *p'* soit d'une égale quantité de chaque côté, soit au contraire plus fortement à un bout qu'à l'autre; cette disposition est utile pour maintenir la molette-relief *o* horizontale ou quelquefois inclinée, afin d'obtenir un relief tantôt égal et tantôt irrégulier.

Jeu de la machine a diviser. — Nous croyons qu'il ne sera pas sans intérêt, pour compléter la description de cette machine, de donner quelques détails sur son jeu et les précautions à prendre pour opérer.

Lorsqu'on veut diviser une molette, on place la mère *e* dans les coussinets du support inférieur en les serrant convenablement, pour qu'elle tourne avec facilité par le simple effort des doigts en contact avec le corps de cette molette; on avance ensuite l'arbre F sur le carré du manchon *f'* après que celui-ci a été ajusté sur la molette; on serre les quatre vis de pression, en ayant soin de vérifier le centrage pour que l'arbre tourne parfaitement rond.

On place de même la molette-relief *o* dans les coussinets du support supérieur en prenant les mêmes précautions. A l'un des bouts de cette molette, on adapte un petit bouton armé d'une aiguille à rotule, et que l'on place de manière que la partie du dessin en relief se trouve en dessous; on fait alors appuyer l'aiguille contre un petit buttoir; puis on donne la pression en faisant tourner la manivelle de la vis *r*, on rabat l'aiguille pour qu'elle ne touche plus le buttoir, et on fait tourner la molette en avant ou en arrière, au moyen de la manivelle fixée sur l'arbre *g*, jusqu'à ce que la gravure soit suffisamment enfoncée. On desserre ensuite la vis *r*, et le res-

sort P relève aussitôt le porte-molette M, assez haut pour que les deux molettes ne se touchent plus.

On fait alors tourner la molette-mère *e*, au moyen de la roue de division G, en prenant, par le levier à cliquet G', le nombre de dents nécessaires et correspondantes à la partie développée du dessin reproduit. On remet le relief à sa place, au moyen de l'aiguille qu'il porte, comme on l'a déjà fait en premier lieu, et on répète la même manœuvre. On continue ainsi jusqu'à ce que le tour complet de la molette-mère soit achevé.

Quand un premier tour est ainsi terminé, on fait avancer le support inférieur A, qui porte la molette-mère, au moyen de la vis de rappel I et de la roue dentée J, que l'on fait tourner par le levier à manche K, d'une quantité voulue par l'écartement qui doit exister entre les dessins, afin de continuer l'opération comme précédemment.

Lorsque toutes les parties du dessin sont enfoncées ou produites sur la molette-mère, on la polit sur place afin d'enlever les bavures, et on recommence à enfoncer les mêmes objets jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de refoulures.

On peut aussi, si on le juge convenable, enlever la molette et la monter sur un tour pour la polir, puis la remettre sur la machine pour continuer le travail. On est quelquefois dans l'obligation de recuire les molettes avant de pouvoir les achever.

On comprend sans peine qu'il faut une bien grande précision pour faire cette suite d'opérations, et surtout pour parvenir à rentrer dans les mêmes parties de la gravure, cinq ou six fois de suite. Aussi cette machine exige-t-elle des soins tout particuliers et un ouvrier bien intelligent pour la conduire ; car on ne saurait trop apporter d'attention et d'exactitude dans le travail.

Nous ne pouvons trop dire que M. Huguenin, qui construit de ces machines avec une précision admirable, s'est acquis dans cette branche intéressante de l'industrie des tissus, une réputation bien justement méritée. Il a donné des preuves que, dans ce genre de machines, comme dans un grand nombre d'autres, la France ne le cède en rien à nos voisins d'outre-mer, et que souvent même elles sont préférées.

PETITE MACHINE

A RABOTER LES MÉTAUX

MARCHANT A BRAS

Par MM. J.-J. MEYER et Cᵉ

CONSTRUCTEURS A MULHOUSE (1)

(PLANCHE 20)

On emploie aujourd'hui dans les ateliers de construction les machines à raboter les métaux, sous toutes les formes et dans toutes les dimensions. On a compris que l'on en pouvait tirer un parti très-avantageux, non-seulement pour travailler de fortes pièces, mais aussi pour dresser même les objets les plus petits, comme des clavettes, des brides, etc. Voulant arriver à employer la lime le moins possible, sinon à la supprimer complétement, il a bien fallu disposer des outils qui pussent la remplacer, en s'appliquant aux travaux de l'atelier.

Le gouvernement a tellement bien compris l'importance d'un bon outillage, pour les objets de grandes comme de petites dimensions, qu'il a fait faire pour ses ateliers un grand nombre de puissantes machines-outils propres à travailler les fortes pièces, et un plus grand nombre peut-être de petites machines qui peuvent être conduites à la main par des manœuvres ou par des ouvriers peu exercés.

Ainsi, M. Mariotte a été chargé d'exécuter pour la marine nationale plus de cent petites machines à raboter qui se placent sur les établis même des ajusteurs. De sorte que, lorsqu'on a quelques pièces de faibles dimensions à dresser, on ne va pas recourir aux grandes machines qui marchent par le moteur, et qui, chargées souvent des plus fortes pièces, ne pourraient jamais suffire ; l'ouvrier va les monter sur une petite machine, et la fait marcher lui-même.

Cette idée de rendre ainsi la machine à raboter aussi populaire pour les ajusteurs que peuvent l'être les tours ou machines à percer, paraît se répandre dans plusieurs établissements qui en comprennent bien les avan-

(1) Cette machine a aussi été relevée par notre beau-frère M. Amouroux.

tages. Construites ainsi sur des dimensions très-bornées, on conçoit qu'elles sont peu coûteuses; leurs frais d'établissement étant bien moindres que ceux des grosses machines, elles peuvent, dans un grand nombre d'ateliers, rendre plus de services que ces dernières.

Les petites machines à raboter construites par M. Mariotte sont extrêmement simples; posées sur un bâtis très-peu élevé et composé de trois pieds, elles se fixent sur un établi, et peuvent se transporter d'une partie à l'autre de l'atelier sans difficulté. M. Mariotte, persévérant dans son système à outil mobile, la pièce étant fixe, les construit toutes ainsi. On sait que ce système a l'avantage de pouvoir raboter les objets qui ont presque la longueur de la machine sans exiger plus de place que n'occupe celle-ci. Il donne le mouvement au porte-outil par un arbre à manivelle portant deux pignons qui engrènent avec des crémaillères placées sur le côté et à l'extérieur du bâti. La pièce à dresser se fixe sur un plateau placé à l'intérieur et dont on peut régler la hauteur à volonté par des vis de rappel. Toute la machine n'occupe pas plus de 0m 75 de longueur sur 0m 40 de largeur, et 0m 50 à 0m 55 de hauteur. M. Mariotte les établit à un prix très-peu élevé, et qui peut varier de 400 à 500 fr.

Les machines analogues construites par MM. Meyer, de Mulhouse, et par divers constructeurs qui s'en occupent, sont établies sur des dimensions plus fortes. Leur bâti est assez élevé pour être à la hauteur de l'ouvrier, sans les poser sur un établi, comme celles de M. Mariotte. Elles sont aussi exécutées sur un principe semblable à celui de Whitworth; ainsi, comme toutes les machines usitées en Angleterre, elles sont à outil fixe : c'est la pièce qui est mobile, ce qui exige alors plus d'emplacement; mais aussi elles présentent plus de solidité, sont moins susceptibles de vibrations, et peuvent proportionnellement enlever des copeaux plus forts. Ces machines sont nécessairement plus coûteuses que celles du constructeur dont nous venons de parler, non-seulement parce qu'elles sont plus grandes, mais encore parce que, dans leur construction, elles sont beaucoup plus fortes.

La machine de MM. Meyer n'occupe pas un espace de moins de 1m 80 de longueur sur 0m 80 de large. Le plateau mobile qui porte la pièce à dresser est tiré par une chaîne sans fin, dont les deux bouts sont accrochés à son milieu, et qui, passant sur deux poulies à gorge, enveloppe la circonférence d'un treuil que l'on tourne à l'aide d'un grand croisillon à quatre branches. Cette disposition a l'avantage de moins fatiguer l'ouvrier que par un système à manivelle, parce qu'il n'est pas forcé de se plier, et qu'il peut rester, au contraire, dans une position presque droite, et avoir constamment les yeux sur l'objet qu'il est chargé de dresser. On verra que, par le diamètre donné au tambour, il est rare qu'on soit obligé de lui faire faire plus d'un tiers ou de la moitié d'une révolution, pour obtenir toute la longueur de la course nécessaire, et que très-souvent même le 1/5e ou le 1/4 de tour est tout à fait suffisant.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A RABOTER DE MM. MEYER,

REPRÉSENTÉE PLANCHE 20.

Cette machine est vue en coupe longitudinale sur la fig. 1, en coupe transversale sur la fig. 2, et, une partie, en projection horizontale, fig. 3. La première section est faite suivant la ligne brisée 1-2-3, la seconde suivant la ligne 4-5-6-7, et la troisième, suivant la ligne 8-9.

On voit, par ces figures, qu'elle est d'une disposition analogue à la machine de Whitworth que nous avons donnée dans une livraison de notre Ier volume, en observant cependant qu'elle est plus simple d'exécution par cela même qu'elle reçoit son mouvement de l'ouvrier, au lieu de marcher seule, et que l'avancement de l'outil se fait à la main au lieu de se faire par la machine. N'étant destinée qu'à raboter des pièces de petites dimensions, elle est aussi incomparablement plus faible que celle publiée.

MM. Meyer (aujourd'hui la société l'*Expansion*) occupent plusieurs machines semblables dans leur établissement de construction, qui est très-bien monté en outils de toute espèce. La maison N. Schlumberger, à Guebwiller, qui est une des plus importantes de l'Alsace, en a également construit plusieurs, soit pour son propre usage, soit pour d'autres établissements. Nous sommes persuadé qu'elles se répandront bientôt dans tous les ateliers de construction (1).

Nous allons décrire successivement les trois parties distinctes qui composent cette machine, savoir :

1° Le chariot mobile qui porte la pièce à dresser;

2° Le porte-outil propre à raboter des surfaces horizontales ou inclinées;

3° La forme et la disposition des outils à raboter les métaux.

Du chariot portant la pièce a raboter.—Ce chariot est d'une construction extrêmement simple : composé d'une plaque de fonte A, dressée avec soin sur sa face horizontale supérieure, et renforcée au-dessous par trois nervures longitudinales a et a', il est percé d'un grand nombre de trous carrés qui permettent de le traverser par des boulons pour y assujétir les pièces qu'on veut dresser. A son milieu est aussi ménagée une nervure transversale b', percée de deux trous pour y adapter les extrémités d'une chaîne à anneaux en fer B, B', au moyen de laquelle on lui donne un mouvement de va-et-vient.

Les deux nervures latérales a' du chariot sont à section triangulaire comme l'indique la fig. 2, pour s'ajuster, sans jeu, dans les coulisses de même forme, pratiquées sur toute la longueur des deux joues du banc en fonte C. Cet ajustement, qui exige, à la vérité, une grande précision dans l'exécution pour avoir le parallélisme exact des coulisseaux, est aussi

(1) Voir, 10e livraison, ve volume de ce Recueil, la disposition des limeuses Decoster.

très-bon en ce qu'il ne permet pas au chariot de prendre du jeu, et que l'huile servant à graisser s'y conserve bien. Nous l'avons vu employé dans la machine anglaise que nous avons citée plus haut : l'auteur en avait bien reconnu les avantages dès l'origine, en prenant une patente pour son système à outil tournant.

Le banc de fonte C n'est dressé que dans les deux coulisses; sur les côtés extérieurs sont deux parties avancées *c*, servant d'appui aux consoles du porte-outil. A l'intérieur et aux extrémités sont quatre fortes joues transversales *d*, qui maintiennent l'écartement des deux flasques. Sa base inférieure est boulonnée sur les deux châssis en fonte D, qui forment en même temps les pieds de la machine, et l'élèvent à la hauteur convenable pour l'ouvrier. Ces châssis sont liés entre eux par une forte entretoise de fonte E, dont on voit un fragment en coupe horizontale (fig. 8), laquelle est faite au milieu suivant la ligne 10-11.

Au-dessous du banc sont boulonnées deux chaises en fonte F dont l'une est détaillée séparément (fig. 6). Ces chaises servent à supporter l'axe d'un rouleau G, au moyen duquel on communique à la chaîne et au chariot un mouvement alternatif. A cet effet, l'axe se prolonge d'un bout, pour porter à son extrémité un grand croisillon à quatre branches H, auquel s'appliquent les mains de l'homme.

Pour que la chaîne ne soit pas susceptible de glisser sur le treuil, elle est faite en deux parties qui s'attachent chacune, par une extrémité, aux boulons *e* du tambour que l'on voit sur la coupe verticale (fig. 5), et qui de l'autre sont adaptés, comme nous l'avons dit, à des crochets qui traversent les trous de la nervure transversale *b* du chariot. Elles passent aussi chacune sur des poulies à gorge, c'est-à-dire l'une B sur celle de droite I, et l'autre B′ sur celle de gauche I′, (fig. 1). De cette sorte, en allant comme en revenant, les deux parties de la chaîne sont toujours tendues, et ne peuvent pas glisser sur les surfaces qu'elles embrassent.

Le diamètre du treuil G est de $0^{m}133$, par conséquent sa circonférence est égale à $0^{m}418$. Ainsi, en lui faisant faire une révolution entière, on ferait avancer le chariot, et par conséquent la pièce à raboter de la quantité $0^{m}418$; la dimension donnée au banc permet de raboter encore une plus grande longueur. Il est rare cependant qu'on fasse plus.

Les deux poulies I et I′ sont montées sur des axes en fer *f*, qui sont libres dans les trous alésés des espèces d'équerres en fonte J (fig. 4), boulonnées contre les faces extrêmes du banc. On a dessiné sur cette figure la poulie au milieu de l'axe ; mais il est évident que chacune d'elles doit correspondre à la direction de sa chaîne respective, par conséquent l'une plus avancée à droite, et l'autre, au contraire, plus près de la gauche.

Sur le dessin (fig. 1 et 2), on a supposé une caisse de fonte K, de forme prismatique, et évidée intérieurement, placée sur le chariot mobile, pour être dressée à la base extérieure. Cette pièce est retenue par les côtés et les bouts, au moyen de petites poupées à vis *g*, qui buttent contre elles et

qui sont fixées sur le plateau par des écrous. Elle se trouve ainsi entraînée dans la marche alternative que l'on donne au chariot.

Du porte outil et des moyens de le régler. — Sur les côtés du banc, sont fixées les deux consoles en fonte L, qui s'élèvent parallèlement pour recevoir le porte-outil : elles sont chacune percées d'une ouverture rectangulaire et verticale traversée par les boulons qui servent à y assujétir ce dernier, lorsque sa place a été déterminée, d'après la hauteur même de la pièce à raboter. Elles se terminent par des oreilles auxquelles sont suspendues deux vis de rappel verticales M, qui ont chacune leur écrou en cuivre *h* (fig. 7), adapté à l'extérieur du chariot porte-outil, afin qu'en les faisant tourner, elles puissent faire monter ou descendre ce dernier parallèlement à lui-même. Or, on sait pour cela qu'il est nécessaire que les deux vis soient exactement égales de pas, et qu'elles soient mues en même temps d'une égale quantité. C'est ce que l'on obtient en montant sur le sommet de chaque vis des roues d'angle *i*, de même diamètre, engrenant avec des roues semblables *j*, assujéties sur un même axe *k* que l'on tourne à la manivelle. Nous avons déjà vu ce moyen employé dans la machine de Whitworth; nous avons vu aussi que l'axe est soutenu dans deux douilles en fer ou en cuivre *l*, qui sont elles-mêmes supportées par le bout des vis au-dessus des roues *i*, et retenues par des goupilles qui n'empêchent pas celles-ci de tourner.

Le chariot du porte-outil se compose d'une large pièce de fonte M′ dressée sur toutes ses faces, et évidée convenablement à l'intérieur; deux boulons la maintiennent de chaque bout contre les consoles L. Un disque rectangulaire N, également en fonte, et coudé en arrière, comme le montre la coupe verticale, fig. 1, s'applique contre la face verticale antérieure du chariot, et peut glisser horizontalement sur toute la longueur de celui-ci. Comme il s'ajuste à queue sur ce dernier, pour l'y retenir, dans la partie supérieure on y enfonce une petite règle dressée, fixée par deux vis, et qui ne l'empêche pas de glisser, mais évite qu'il ne prenne du jeu. Un écrou en cuivre *m* est adapté au centre du disque, pour lui communiquer une marche transversale qu'il doit recevoir de la vis de rappel horizontale O, logée dans l'intérieur même de l'évidement du chariot. Cette vis se manœuvre à la main; l'ouvrier chargé de faire marcher la machine, chaque fois que le chariot qui porte la pièce à dresser est revenu sur lui-même, fait tourner d'une très-petite quantité la manivelle à quatre branches *n*, qui est placée sur le bout de la vis. Dans des machines de cette force, et pour raboter des pièces de fonte, il ne faut pas compter sur un avancement de l'outil de plus de 1/3 de millimètre par allée et retour; ainsi, lorsqu'on connaît le pas de la vis, qui est ici de 7 millimètres, il est aisé de voir quel est l'arc que l'on doit faire faire à la manivelle *n*. Nous croyons, du reste, que, pour que l'avancement fût régulier, il serait bon qu'un cadran divisé fût placé comme index derrière la manivelle.

Une pièce à coulisse en fer P est rapportée sur la face verticale antérieure

du disque N, qui est aussi percé de deux ouvertures circulaires pour lui permettre de prendre au besoin une position inclinée, ce qui est nécessaire, par exemple, lorsqu'on veut dresser des surfaces obliques par rapport à celle du chariot. L'inclinaison peut être, du reste, très-aisément déterminée à l'aide des divisions faites à l'avance sur le disque, et près du bord de la pièce P, comme on le voit sur la fig. 2. Une plaque métallique Q, ajustée à queue d'hironde sur cette pièce, pour recevoir le porte-outil, peut glisser dans le sens de la coulisse, au moyen de la petite vis de rappel *r*. Cette vis est prise dans un collet formé au sommet de la pièce P, audessus de laquelle elle porte une petite manivelle à quatre branches *p*, que l'on tourne à la main, et se taraude dans un écrou en cuivre *q*, qui fait corps avec la plaque dans laquelle il est incrusté.

Un porte-coussinet R (vu de côté et seul, fig. 8) vient enfin se rapporter sur la plaque, et reçoit les tourillons du porte-outil S (fig. 2 et 9), qui se termine en haut par une large poignée, et qui, sur les côtés, est muni de deux tourillons sur lesquels il peut pivoter. Deux brides en fer *s*, qui sont, en partie, engagées dans les ouvertures rectangulaires ménagées dans le porte-outil, sont munies chacune d'une vis de pression qui s'appuie contre l'outil figuré en *t*. Il est aisé de voir que par cette disposition, cet outil devient libre toutes les fois que la pièce à dresser retourne sur elle-même, c'est-à-dire qu'elle marche de gauche à droite, fig. 1 ; il *traîne* alors, sans force, sur la partie de la surface qu'il vient de raboter, tandis que, lorsque le chariot avance, il est rigide, parce que le porte-outil s'applique entièrement sur la plaque de derrière Q; la matière est donc forcément enlevée au fur et à mesure que la pièce marche de droite à gauche, fig. 1.

De la forme et de la disposition des outils propres au rabotage des pièces métalliques. — Jusqu'à ces dernières années, nous pouvons le dire, on n'a pas apporté, dans la confection des outils fixes appliqués aux machines à raboter, aux tours à chariot et autres, l'attention et les soins nécessaires pour obtenir d'eux tout le résultat que l'on doit réellement en espérer. A part quelques ouvriers intelligents qui ont étudié, par pratique, le travail des outils, on peut dire que généralement ceux-ci se font par routine, et souvent sans forme, sans proportion.

Or, on ne saurait trop faire remarquer qu'il est de la plus grande importance de savoir donner à ces outils leur véritable forme et une disposition convenable pour qu'ils travaillent avec facilité, sans exiger une trop grande force motrice, pouvant enlever de forts copeaux de métal, et cependant sans s'user trop vite. Ce sont des conditions essentielles d'où dépendent l'économie de la main-d'œuvre et la bonne confection des pièces.

Nous allons essayer de donner, au sujet de la machine à raboter qui nous occupe, quelques principes qui, nous l'espérons, pourront être étudiés et suivis par ces contre-maîtres et ouvriers intelligents, qui, sans préjugés et sans amour-propre, prennent à cœur de s'éloigner de la *routine* et d'adopter les meilleures règles applicables à leurs travaux.

Examinons d'abord, d'après l'ouvrage anglais intitulé : *Practical essay on mill-work and other machinery, with examples of modern tools*, etc. (1), les différentes formes d'outils à raboter vers lesquelles on se rapproche le plus dans les ateliers de construction, et qui sont plus ou moins vicieuses ou avantageuses. Elles sont indiquées sur la planche 20 par les nos 1, 2 et 3.

Dans le premier, on voit que la face verticale *ab* est perpendiculaire à la direction du plan de l'objet que l'on veut raboter, et qui marche dans le sens indiqué par la flèche, c'est l'arête *b* qui doit travailler. La face inférieure *bc* est fort peu inclinée, l'angle *abc* s'approche, par conséquent, d'un angle droit. Il est évident qu'une telle forme est tout à fait vicieuse, et ne peut produire de bons résultats, car toute l'épaisseur de métal qui doit être enlevée présente une résistance considérable devant la face verticale *ab*; l'outil n'a pas la qualité d'y pénétrer, par cela même que l'angle *abc* est très-ouvert : il ne fait alors que gratter et n'enlever que des parcelles très-petites, et encore exige-t-il pour cela une grande force. Le seul avantage qu'il présente, c'est d'avoir de la résistance, de ne pas risquer à se rompre, et d'être très-facile à faire.

Pour l'outil no 2, nous voyons qu'il ne diffère du premier que parce que le plan inférieur *bc* forme un angle plus petit avec la face verticale *ab*. Celle-ci est encore perpendiculaire à la surface de l'objet à dresser; l'arête *b* se trouve donc dans le même cas que précédemment; et comme l'angle *abc* est plus petit, elle a de plus l'inconvénient d'être moins résistante, d'être facile à se rompre : un tel outil travaille encore plus mal que le premier, tout en présentant moins de solidité.

Mais si nous examinons l'outil no 3, nous pourrons reconnaître qu'il doit mieux atteindre le but proposé. Ici nous voyons que la face *ab* forme un angle très-aigu avec la direction de la surface métallique à raboter, et que tout en laissant le plan inférieur *bc* très-proche de cette surface, l'angle *abc* est très-petit; mais cet angle n'est plus du tout dans la même circonstance que celui du no 2. Il se présente, on peut dire, dans la direction même du métal qu'il doit couper. Il forme un coin aigu qui tend à séparer une pièce en deux parties. Il coupe alors réellement et enlève de forts copeaux. Il ne fatigue pas, par cela même que toute sa résistance se trouve, pour ainsi dire, dans la direction du rabotage. Il tend à pénétrer dans la matière et à couper tout ce qui se trouve au-dessus de son arête tranchante *b*, sans exiger toute la puissance qu'il est nécessaire de déployer pour les deux premières formes données ci-dessus.

Ainsi nous pouvons conclure de ces observations que, pour obtenir le

(1) *Essais pratiques sur les transmissions de mouvement et autres machines, avec les exemples des outils modernes*, etc. Cet ouvrage, publié d'abord par Robertson Buchanan (en 1819 et 1823), perfectionné ensuite et édité par Thomas Tredgold, puis nouvellement réédité et avec de nouveaux perfectionnements par George Rennie, a paru en deux volumes, à Londres, en 1841. Nous y avons remarqué quelques machines que nous avions données antérieurement dans notre 1er volume.

meilleur résultat possible d'un outil à raboter, on doit le construire de telle sorte que la partie travaillante forme, avec la surface à couper, non-seulement l'angle le plus petit possible, mais encore que le côté inférieur de cet angle, c'est-à-dire le plan *bc*, soit lui-même peu incliné par rapport à cette surface. Cette inclinaison devrait être déterminée par l'épaisseur de la couche de métal que l'on veut enlever ; si elle était plus grande, l'angle *abc* étant très-aigu deviendrait *gourmand*, il pourrait tendre à prendre plus de matière qu'il ne doit en couper.

Mais si la forme à donner aux outils fixes est très-importante, nous croyons que leur disposition sur les appareils dans lesquels ils sont appliqués n'est pas moins essentielle pour obtenir un bon travail et ne pas trop fatiguer l'outil. D'après les observations faites par des mécaniciens fort entendus, parmi lesquels nous devons particulièrement citer MM. Carlier et Mariotte, il est utile de placer l'outil dans une direction telle que son arête tranchante *b* se trouve en deçà, c'est-à-dire à gauche de la perpendiculaire *de* (nº 4), abaissée du point de suspension du porte-outil sur la surface de métal à dresser, sans quoi l'outil fléchit, tend à vibrer et broute, ou il faut lui donner des dimensions énormes, et encore souvent on n'arrive pas à éviter le broutage.

L'outil représenté vu de côté, nº 4, et de face, nº 5, est l'un de ceux qu'emploie M. Carlier pour raboter la fonte, et tel que nous l'avons relevé chez lui ; il est représenté au 1/5e de sa grandeur naturelle. Ainsi on voit que ce constructeur ne prend pour ses outils que des morceaux d'acier carrés qui n'ont pas plus de 15 à 16 millimètres de côté, et qu'il amincit encore vers l'arête tranchante en donnant à cette partie, un peu sur le côté, une surface arrondie et inclinée. Nous avons eu l'occasion de voir chez lui qu'il obtenait des surfaces parfaitement unies, sans aucune trace de broutage.

Il est évident que les observations que nous venons de faire sur la forme et la disposition des outils à raboter, s'appliquent tout aussi bien dans le cas où la pièce est fixe et le porte-outil mobile, que lorsque, au contraire, c'est la pièce qui marche et que le porte-outil est immobile. Nous verrons bientôt que les outils appliqués aux supports à chariot doivent être établis dans les mêmes principes que ceux que nous venons d'essayer d'exposer.

NOTICES INDUSTRIELLES

RÉGULATEUR A INSUFFLATION DE M. MOLINIÉ.

Application d'un sifflet avertisseur. — Depuis la publication que nous avons faite (dans le 1er vol. de ce Recueil) du régulateur Molinié,

l'auteur y a ajouté un mécanisme fort simple et très-ingénieux, qui rend aujourd'hui cet appareil tout à fait complet, et, on peut dire, de la dernière perfection. Ce mécanisme consiste simplement dans l'addition d'un sifflet avertisseur, qui sert en même temps d'appareil de sûreté.

On avait bien compris les avantages du régulateur à air, sous le rapport de la bonne régularité, puisque, dans l'espace de moins de trois années, il s'en est placé près de 600, soit en France, soit à l'étranger; mais l'auteur a encore voulu y apporter un dernier perfectionnement, en cherchant à éviter, par l'emploi de son appareil, les accidents qui pourraient survenir dans un établissement, si, par des causes quelconques, il se produisait des résistances considérables que le moteur ne pourrait surmonter, d'où résultent parfois des ruptures de pièces plus ou moins importantes.

Le système de sifflet qu'il a appliqué à son régulateur, et qui présente quelque analogie avec le sifflet des machines locomotives, remplit très-bien l'objet. Non-seulement il prévient quand les forces mouvantes et résistantes ne sont pas dans leur état normal, mais encore il sert, en ces moments, de soupape de sûreté.

MESURES MÉTRIQUES PAR M. TRÉSEL.

M. Trésel, mécanicien à Saint-Quentin, bien connu pour la construction des machines à vapeur, moulins, transmissions de mouvement, etc., a établi un système complet de fabrication pour de nouvelles mesures métriques destinées à remplacer avec avantage les pieds à coulisse et toutes les mesures analogues qui ont été mises en usage jusqu'ici, et qui, malgré la nouvelle loi en vigueur depuis 1840 sur les poids et mesures, sont encore malheureusement trop souvent employées.

M. Trésel a eu l'idée d'établir des demi-mètres et des doubles décimètres à coulisses, avec ou sans calibres, d'une disposition très-commode, qui les rend tout à fait portatifs, et qui sont très-faciles à lire.

Les demi-mètres sont à double coulisse, et fermés ils occupent une longueur égale à 20 centimètres; les divisions y sont faites avec une netteté et une régularité évidemment mécaniques, et indépendantes de l'adresse de l'ouvrier chargé de conduire la machine à diviser, perfectionnée par ce mécanicien. Les machines qu'il a conçues pour la fabrication de ces mesures sont mises en mouvement par une machine à vapeur qui dépend de son grand atelier de construction. Il est arrivé ainsi, par ses moyens de production, à livrer ses mesures à un prix inférieur aux anciennes mesures livrées jusqu'ici au commerce, tout en perfectionnant l'exécution.

L'auteur a compris que, pour arriver à habituer les ouvriers surtout à se servir de ces mesures avec facilité, il fallait propager le système décimal, et, à cet effet, il a fait une notice destinée principalement à la classe ouvrière, qui lui enseigne, d'une manière simple, à lire et à exprimer en

chiffres les mesures métriques linéaires (voir, pour plus de détails, et pour son nouveau système de détente variable, le IVe vol. de ce Recueil).

MACHINES A VAPEUR ROTATIVES.

Machine a émission de M. Staite.—Cette machine, qui a été importée en France comme nouvelle, et que l'on a pu voir dans l'établissement de MM. Derosne et Cail, à Chaillot, puis à Reims, est établie sur un principe bien connu et fort ancien : elle consiste dans la disposition d'une barre creuse métallique montée à angle droit sur un axe en fer, et percée à chaque bout d'une très-petite ouverture; la vapeur arrive de la chaudière par cet axe, qui est aussi creux dans une partie de sa longueur, et de là elle se rend dans la barre, pour s'échapper par les seules issues qu'elle trouve à ses extrémités. Elle détermine ainsi, en sortant, le mouvement de rotation de la barre et de son axe, mouvement qui est très-rapide, car elle correspond à une vitesse de 23 à 24 mètres par seconde à la circonférence décrite par le centre des orifices. L'auteur prétend, d'après une brochure assez étendue qu'il a publiée en 1841 à Paris chez M. Raymond-Bocquet, libraire, que ce n'est pas par l'effet de la *réaction* que la rotation est produite : c'est *en élevant*, dit-il, *la pression d'un des côtés des bras de la barre, détruisant ainsi jusqu'à un certain point l'équilibre, et communiquant dans une direction opposée, une pression égale à celle qui a été enlevée, quelle qu'elle soit*. C'est sans doute pour cela qu'il lui a donné le nom de *machine rotative à émission*.

Il ne nous a pas été permis de donner les résultats obtenus avec ce prétendu nouveau système de machine à vapeur, car jusqu'ici nous ne sachons pas qu'il ait été fait des expériences sérieuses sur celles qui ont été à Chaillot et à Reims, et malgré les chiffres et les certificats publiés dans la brochure de M. Staite, nous pouvons encore douter des résultats, en sachant qu'une machine tout à fait semblable, importée par un Américain, marchait chez M. E. Philippe, à Paris, il y a bien six ans; et que cette machine, pour laquelle on a fait venir un grand nombre de savants industriels, ingénieurs et mécaniciens, est aujourd'hui abandonnée, et pour ainsi dire jetée à la ferraille. A cette époque, le gouvernement prévint la personne qui fut chargée de prendre un brevet en France, que le principe n'était pas nouveau (on sait que Héron d'Alexandrie l'avait posé 120 ans avant Jésus-Christ; voir l'Histoire des machines à vapeur par M. Arago), et il l'engageait, d'après l'avis du comité consultatif, à ne pas persister dans sa demande; elle fut en effet abandonnée.

Machine a cylindre rotatif de M. Romancé. — L'auteur, ouvrier mécanicien qui a acquis beaucoup d'habitude dans la construction des machines à vapeur, a conçu l'idée de rendre le cylindre à vapeur rotatif, d'une manière continue. A cet effet, il fait porter son cylindre sur deux tourillons, comme dans la machine oscillante de M. Cavé, et il attache son piston à une tige qui traverse les deux fonds du cylindre et qui se relie à

chaque extrémité à des tringles portant des galets. Ces derniers, mobiles dans une courbe fixe convenablement tracée, se maintiennent dans un même écartement, quelles que soient les positions du piston et du cylindre; et comme ils ne sont pas placés sur le prolongement même de la tige, mais au contraire en dehors de celle-ci, ils déterminent, en glissant sur la courbe comme sur un plan incliné, la rotation continue du cylindre.

Ce système est aujourd'hui mis à exécution par la société Barraud et Ce, qui en a construit et fait construire déjà plusieurs, de la force de 1 à 6 chevaux. Convenablement établi, nous le croyons susceptible de quelque avenir, au moins pour les machines de petite force. Déjà MM. Darbois et David ont proposé des modifications importantes à apporter à ce système, et pour lesquelles ils ont demandé un brevet de perfectionnement, en décembre 1841.

PRÉPARATION DU CHLORURE DE CHAUX LIQUIDE,

PAR LE DOCTEUR KUNHEIM

Dans la préparation du chlorure liquide dans les fabriques, on sait qu'on amène généralement le chlore gazeux dans le lait de chaux au moyen de tubes en plomb; cette disposition présente cependant un inconvénient qu'on a reconnu depuis longtemps, et qui consiste en ce qu'il y a constamment un dégagement d'oxygène. Ce dégagement a été jusqu'à présent impossible à éviter avec les appareils qu'on emploie généralement pour produire et amener le gaz, quoiqu'il fût d'un grand intérêt pour les fabricants d'y mettre un terme, attendu que tout le gaz oxygène qui se développe ainsi donne lieu à une perte correspondante ou équivalente de chlore. On a fait tout ce qu'il était possible pour cela; on a abaissé la température à laquelle on travaillait, on a opéré avec une grande lenteur, etc., mais tout cela en vain, et la perte continuait toujours. Cependant il est un moyen bien simple et très-efficace, que je vais indiquer, pour prévenir cette perte. Pour cela, il suffit de remplacer le tube en plomb qui plonge dans la solution de chlorure de chaux par un tube en verre, en terre cuite ou en grès, afin d'éviter tout contact de la combinaison du chlore en solution avec un métal. En effet, l'oxyde dont est généralement enduite la surface de ce métal, donne lieu à une action de contact qui transforme une portion de la dissolution de chlorure de chaux en chlorure de calcium et en oxygène, qui se dégage et donne lieu à la perte en question, qu'il est, comme on voit, si facile d'éviter.

UTILISATION DES GAZ DES HAUTS-FOURNEAUX.

Puddlage au gaz. — M. Ad. Japy, manufacturier à Beaucourt, nous a communiqué une lettre de l'un de ses amis, M. A. Bouchot, l'une des sommités des maîtres de forges de la Franche-Comté. Comme cette lettre est

principalement relative à des données sur les nouveaux procédés de fabrication du fer par l'emploi des gaz des hauts-fourneaux, nous croyons qu'il sera intéressant d'en transcrire quelques passages.

«............... A Wasseralfingen (procédé de M. Faber-Dufaur, et importé par MM. Parrot et Paravicini), on prend les gaz à 4m20 environ du gueulard, ou plutôt à la moitié de la hauteur du fourneau.

« A Treveray, on les prend au gueulard même, au moyen d'un tube qui descend à 2m30 ou 2m60 dans la cuve.

« Dans le procédé que j'ai adopté, dit M. A. Bouchot, je prends les gaz au ventre, c'est-à-dire aux deux tiers de la profondeur de la cuve. C'est là que M. Sire proposait de les prendre.

« D'après l'analyse des gaz faite par Ebelmen, il s'échappe du gueulard, de l'eau en vapeur, de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'azote.

« A 4m20, l'oxyde de carbone est en plus grande quantité et les autres principes diminuent, excepté l'azote, qui reste le même. Au ventre, il n'y a plus que de l'oxyde de carbone et de l'azote.

« Les gaz ont un pouvoir calorifique d'autant plus grand, qu'ils ont moins d'eau en vapeur et de gaz incombustibles. C'est ce principe qui m'a fait adopter l'idée de les prendre au ventre. On m'objecte que je pourrais altérer le roulement du fourneau en absorbant des gaz qui fonctionnent encore en montant; mais je réponds que je ne dois pas soustraire entièrement les gaz superflus, mais seulement la moitié ou le tiers, et le surplus suffira pour préparer le minerai à la fusion. Enfin je serai en roulement dans une quinzaine de jours (1842), et je vous invite à venir voir notre marche pour que vous en ayez une idée précise.

« Je fais aussi un nouveau cubilot, où la fonte ne se trouvera pas en contact avec le combustible; il y a deux cuves, l'une pour le combustible, et l'autre pour la fonte; le creuset est une troisième cuve. Dans tout ce que je prépare, je n'ai point la certitude du succès, mais seulement un grand espoir... Quand on connaît les fours à puddler, il est aisé de se faire une idée des gaz brûlés avec du vent chaud, provenant des machines soufflantes; le seul fait à soigner, c'est de faire arriver les gaz et le vent de manière que le mélange se fasse instantanément et en proportion convenable. J'ai adopté des tuyères de 40 centimètres de largeur sur 1 centim. de hauteur, pour le gaz, et de même largeur, mais seulement de 2 millimètres de hauteur pour le vent; les jets se croisent en sortant, et d'après un petit essai, cette méthode est très-bonne. « A. BOUCHOT. »

NOUVEAU MOULIN HORIZONTAL

A CINQ CYLINDRES

POUR ÉCRASER LA CANNE A SUCRE

Par M. NILLUS

FONDEUR ET CONSTRUCTEUR DE MACHINES ET D'APPAREILS, AU HAVRE

(PLANCHE 21)

La conformation de la canne à sucre n'exige pas que, pour extraire le jus, on déchire préalablement les cellules qui le renferment, comme on est obligé de le faire pour les betteraves et d'autres racines; une pression convenablement exercée peut suffire pour le faire sortir. A cet effet, les cannes sont fortement pressées, et en quelque sorte laminées en passant successivement, plusieurs fois, entre des cylindres disposés comme ceux d'un laminoir.

Les premières machines qui furent faites pour cette extraction, dans nos colonies, étaient des cylindres verticaux en bois dur du pays; on entaillait dans l'arbre même des dents, pour communiquer le mouvement. Les cylindres sont au nombre de trois, montés sur des culs-d'œuf ou pivots : celui du milieu reçoit son mouvement de l'arbre d'un manége, ou de l'arbre d'un moulin à vent, et le communique aux deux autres.

Les premières améliorations qu'on leur fit subir consistaient dans l'adoption de chemises, ou cylindres en fonte, à cannelures étroites et peu profondes; on les calait sur les arbres en les centrant le mieux possible; on adopta par la suite des arbres ou pivots en fer forgé que l'on calait de la même manière; plus tard encore on finit par fondre ces cylindres avec des croisillons en les tournant sur l'arbre et en y ajoutant des pignons fondus; mais il y a encore très-peu de ces dernières améliorations faites aujourd'hui à ce genre de moulins.

Le travail se fait par un nègre qui reçoit une brassée de cannes qu'il passe dans un des deux cylindres verticaux, et une plaque cintrée, que l'on appelle bagassière, l'oblige à revenir dans l'autre cylindre; mais ce travail, quand bien même ce moulin serait juste, est très-difficile puisqu'on est

obligé de présenter la canne en paquet verticalement, et qu'on ne peut l'étendre qu'avec difficulté.

Depuis quelques années on a donc perfectionné ces presses en les changeant totalement et en leur substituant des cylindres horizontaux. Ces derniers sont beaucoup plus longs que les anciens. On étend la canne sur une table en fonte de la longueur des cylindres ; on l'arrange de manière à ce qu'elle ne soit pas superposée, et par ce moyen on obtient une main-d'œuvre beaucoup plus facile, une meilleure pression et plus de travail.

M. Nillus, habile constructeur au port du Havre, où il a monté un grand établissement dans lequel il réunit des forges et une fonderie à la construction des machines et chaudières à vapeur, s'est occupé d'une manière toute spéciale des appareils en usage dans les colonies pour la fabrication du sucre de canne. Il a eu constamment pour but d'apporter des améliorations dans la disposition de ces appareils, soit pour obtenir plus de jus, soit pour économiser la main-d'œuvre et le combustible. Depuis une vingtaine d'années, il a exécuté plus de 50 moulins à 3 cylindres horizontaux, marchant soit par moteur à vapeur, ou moteur hydraulique, soit par le vent ou des animaux. On conçoit dès lors qu'il a dû arriver à une justesse et une grande solidité de construction, qu'il est si important d'obtenir dans de telles machines abandonnées à des hommes qui sont souvent aussi peu soigneux que peu capables.

Déjà il était arrivé, par ces moulins, à obtenir 15 à 20 pour 100 de plus de jus ou *vesou*, que dans les anciennes presses, lorsqu'il conçut l'idée qu'on pourrait parvenir à augmenter encore ces résultats, en multipliant le nombre des cylindres, et, par suite, le nombre de pression des cannes soumises à leur action, au lieu de faire une seconde passe entre les mêmes cylindres, laquelle exigeait une main-d'œuvre aussi considérable et aussi fatigante que la première. Ainsi, il a construit un nouveau moulin, portant cinq cylindres horizontaux, et disposés de telle sorte qu'il s'en trouve trois inférieurs sur un même plan horizontal, et les deux autres plus élevés. De cette manière il fait subir à la canne quatre pressions consécutives, au lieu de deux, sans aucun travail manuel de plus, et il obtient encore, par conséquent, une plus grande quantité de jus. Entre la 2e et la 3e pression, il amène un filet d'eau ou de vapeur perdue, pour attendrir la canne. Après la 4e pression, celle-ci peut être regardée comme à peu près complétement dépouillée de son jus sucré, et *la bagasse* qui compose la paille ou matière fibreuse, sert toujours de combustible pour chauffer les chaudières de cuite et d'évaporation. M. Nillus a pensé que comme ce combustible produit beaucoup de flamme et un feu très-vif, il pourrait le faire passser sous l'équipage de ces chaudières et en même temps sous le générateur à vapeur, afin de rendre l'application des machines à vapeur plus répandue, en arrivant à mieux tirer parti du combustible.

Au commencement de l'année 1841 (13 mars et 24 avril), M. Nillus fit la demande de deux brevets de perfectionnement de dix ans pour les

améliorations que nous venons de signaler, et que nous allons décrire avec détail. Ces brevets lui furent délivrés le 27 mai de la même année.

Quelques mois plus tard, M. James Robinson, de Londres, demanda aussi un brevet de 5 ans, pour des améliorations dans le moulin à cannes. Ces améliorations, qui ont aussi pour but de multiplier les pressions, consistent principalement dans l'application de 4 et 6 cylindres, au lieu de 3, pour faire subir à la canne trois pressions consécutives. Dans la première disposition, trois des cylindres sont rangés circulairement au-dessous du 4e qui est beaucoup plus fort; et dans la seconde, tous les cylindres sont de même diamètre et placés sur deux rangs horizontaux.

MM. Mazeline, constructeurs au Havre, ont également demandé, le 28 avril et le 31 juillet de la même année 1841, deux brevets pour des dispositions nouvelles dans les moulins à sucre. Ces dispositions consistent, d'une part, dans l'application de la machine à vapeur directement attachée sur le bâti même du moulin à cannes, et, d'un autre côté, dans l'application de 6 cylindres disposés pour obtenir aussi 4 pressions consécutives (1).

M. Payen a, de son côté, proposé au Conservatoire des arts et métiers un moulin à cinq cylindres (*Cours de chimie appliquée aux arts*, 1841-42), qui sont chauffés par la vapeur. « A l'aide de la chaleur, dit-il, les cellules qui retiennent le jus sucré se désagrégent beaucoup plus aisément, et celui-ci est à une température presque suffisante pour la *défécation*. Les cylindres sont percés de petits trous à travers lesquels passe la vapeur à l'état globulaire, pour ainsi dire ; celle-ci s'injecte dans les cellules des cannes qui cèdent par voie d'*endosmose* le jus le plus dense qu'elles contiennent. »

Ainsi, on le voit, plusieurs personnes s'occupent d'améliorations; mais la priorité est à M. Nillus.

DESCRIPTION DU MOULIN A CINQ CYLINDRES DE M. NILLUS

PLANCHE 21.

Cages des cylindres. L'énorme pression à laquelle la canne doit être soumise, exige d'apporter, dans la construction des cages ou des bâtis du moulin, des dimensions considérables pour présenter une grande solidité, et éviter les accidents et les réparations, d'autant plus que ces machines sont destinées à travailler dans des localités où la mécanique est encore peu avancée, et où l'intelligence des hommes chargés de les conduire est généralement bornée. La longue expérience que M. Nillus a acquise dans ce genre d'appareils l'a naturellement amené à les établir avec les formes et les proportions qu'il devient nécessaire de leur donner. Dans le moulin à cinq cylindres qui nous occupe, et que nous avons fait voir, sur la pl. 21 :

1° En élévation longitudinale, du côté opposé au mouvement (fig. 1re);

(1) Voir Ier vol. de ce Recueil.

2° **En plan général (fig. 2);**

3° En coupe verticale au milieu suivant la ligne 1-2 (fig. 3);

4° En profil du côté de la tête de l'appareil (fig. 4);

il est aisé de reconnaître que le bâti se compose de deux fortes cages de fonte A, légèrement évidées dans quelques parties, et portant presque partout une épaisseur de plus d'un demi-décimètre, tout en étant encore renforcées dans tous les sens par de fortes nervures que l'on voit suffisamment sur la coupe verticale (fig. 5). Elles sont assises et boulonnées sur un large châssis ou plaque de fondation B, qui est en même temps disposée pour servir de gouttière propre à conduire le jus dans un grand réservoir. Les forts boulons à écrous *a*, qui traversent les patins des cages et les angles de la plaque, servent en même temps à les assujétir solidement sur un massif en maçonnerie, établi préalablement dans le sol.

Des oreilles *b* et *c* sont ménagées vers les extrémités des cages, pour servir à relier latéralement leur partie inférieure qui porte les axes des cylindres du bas avec la partie supérieure, dans laquelle se trouvent les coussinets des axes des cylindres du haut. Ces oreilles sont traversées par les boulons à la clavette *d* en fer forgé, et des bagues en fonte tournées *e*, en maintiennent l'écartement. L'une de ces bagues et le boulon qui la traversent sont vus en détail sur la fig. 6.

Disposition des cylindres. — Dans les moulins à trois cylindres que M. Nillus a construits, l'un, celui de commande, est placé au-dessous des deux autres avec lesquels il est en contact. Ce premier cylindre porte un fort pignon d'embrayage, par lequel il reçoit son mouvement de l'arbre moteur, et engrène à la fois avec ceux de même diamètre montés sur les axes des deux autres cylindres. Lorsque la puissance est un moulin à vent, comme on en établit encore un grand nombre dans certaines contrées des colonies, M. Nillus communique, par des roues d'angle, le mouvement de l'arbre des ailes à un grand arbre vertical en fonte qui, à sa partie inférieure, le transmet directement, et aussi par une paire de roues d'angle, au cylindre principal. C'est encore une des dispositions qui font partie du brevet délivré à ce constructeur.

Dans son moulin à cinq cylindres, la disposition est tout à fait analogue à celui de trois : il y en a deux C, placés sur un plan horizontal plus élevé, et les trois autres C′ sur un second plan parallèle et au-dessous du premier. Ces cylindres sont tous en fonte, de même diamètre et creux; leur épaisseur n'est pas de moins d'un demi-décimètre, et des bras très-forts réunissent leur jante à leur moyeu, qui est aussi très-épais. Les deux premiers cylindres C, sont sans rebord, les trois autres portent chacun, aux deux bouts, des joues saillantes, de 2 à 3 centimètres, formant embase, et servant à retenir les cannes pour éviter qu'il ne s'en échappe sur les côtés. Le cylindre supérieur placé en tête de la machine, à droite du dessin (fig. 1, 2 et 3), porte, sur toute la circonférence, de légères cannelures, faites parallèlement à ses génératrices. Ces cannelures ont pour objet de

faire mordre plus facilement la canne au moment où elle s'introduit entre les cylindres; cependant les autres cylindres n'en portent pas. M. Nillus pense même, et nous serions de son avis, qu'il serait possible de s'en passer entièrement (surtout dès que le cylindre serait devenu assez rude), ce qui briserait moins la canne; cependant il n'a pu encore arriver à faire partager cette opinion. Du reste, les cannelures ménagées n'ont, en général, que 5 millimètres de largeur sur 3 millimètres de profondeur, et l'espace qui existe entre elles est de 9 à 10 centimètres.

Les axes D et D' des cylindres sont tous en fer forgé, et doivent être très-résistants; tournés exactement au diamètre des trous des moyeux, ils font invariablement corps avec eux au moyen de quatre clavettes.

Dans cette nouvelle disposition de moulin, c'est celui du milieu inférieur qui reçoit directement le mouvement de la puissance et le transmet aux quatre autres. Ainsi, son arbre qui est d'un diamètre plus fort que ceux qu'il doit commander, porte un fort pignon droit E, qui engrène avec les deux E', montés sur les axes des cylindres supérieurs, et ces pignons engrènent à leur tour respectivement avec chacun des pignons E^2, qui sont fixés sur les axes des deux autres cylindres inférieurs.

Pour communiquer ou interrompre le mouvement du moulin à volonté, le premier pignon E est à embrayage; il porte sur sa face extérieure quatre griffes, ou fortes saillies *f*, entre lesquelles on fait engager des griffes semblables faisant partie d'un manchon placé au bout de l'arbre moteur; de sorte qu'en avançant ce manchon pour l'engrener avec le pignon, la marche a lieu, et au contraire, en le reculant pour le débrayer, le mouvement est intercepté.

M. Robinson, de Londres, a fait, dans son moulin, l'application d'un système de roue à frein, comme celle que l'on emploie dans le mécanisme de treuils ou cabestans en usage surtout dans les mines. Ainsi, il construit la roue principale qui doit communiquer le mouvement au moulin (que le moteur soit une machine à vapeur ou une roue hydraulique), de telle sorte que son anneau extérieur, qui porte les dents, s'arrête dès que, par une circonstance quelconque, une trop grande quantité de cannes arrive entre les cylindres. Le rebord extérieur de cette roue, faisant corps avec l'arbre, tourne toujours au dedans du premier; le degré de frottement entre les deux anneaux ou jantes peut être réglé au moyen de vis de pression. M. Pecqueur, mécanicien à Paris, a proposé, il y a déjà bien des années, un système analogue qu'il applique aux machines à vapeur. MM. Derosne et Cail, à Chaillot, en ont aussi fait l'application dans divers appareils qu'ils ont construits pour les mines.

Les axes des cylindres supérieurs sont mobiles dans les coussinets de bronze *g*, ajustés avec beaucoup de soin dans les cages en fonte A. De forts chapeaux *h* les recouvrent : ils sont retenus solidement sur les cages par les boulons à écrous et à clavettes *i*, parce qu'ils doivent s'opposer à toute la résistance qui tend à soulever les deux cylindres.

Les axes des cylindres inférieurs sont seulement portés par des demi-coussinets *j* et *j'*. Ceux du milieu *j* sont simplement ajustés au fond de l'ouverture centrale, ménagée dans chacune des deux cages. Mais les coussinets extrêmes *j'* peuvent être réglés par des vis buttantes *k* (fig. 7), qui ont chacune leur écrou incrusté dans l'épaisseur même des cages.

ALIMENTATION DES CYLINDRES. — Les cannes sont apportées au moulin par plusieurs nègres qui les rangent dans une espèce de trémie ou d'auge inclinée F, pour les faire prendre entre les deux premiers cylindres placés en tête de l'appareil. Cette trémie est supportée par deux colonnettes en fonte G, assujéties par le bas, sur les bords de la plaque de fondation.

Dans plusieurs établissements, on a adopté un système continu pour amener la canne directement entre les cylindres. Ce système consiste dans la disposition d'une espèce de toile sans fin portée par des rouleaux parallèles, et sur laquelle on couche des cannes. Cette toile marche d'une manière régulière parce qu'elle est entraînée par l'un des rouleaux, qui reçoit son mouvement de l'appareil même. La canne est ainsi amenée entre deux cylindres alimentaires, disposés, comme dans un hache-paille ou hache-écorces, tout proche des deux premiers cylindres presseurs. Par ce moyen, les cannes arrivent entre les cylindres d'une manière régulière et égale, dans le sens de leur longueur, tandis que, lorsqu'elles sont distribuées sur la trémie par les mains mêmes des noirs, il y en a tantôt en trop grande et tantôt en trop petite quantité, ce qui présente le double inconvénient d'empêcher l'action des cylindres sur une partie des cannes, et de forcer le moulin outre mesure.

Dans l'un des moulins à six cylindres de M. Robinson, lesquels sont superposés deux à deux, de manière à ne présenter que trois pressions consécutives, ce constructeur a proposé un système de gros tambour, armé de longues broches pointues qui sont destinées à tirer les cannes d'une trémie et à les amener sur une table entre des cylindres alimentaires, d'où elles se rendent ensuite aux cylindres presseurs. Il dit aussi qu'il a additionné un mécanisme de communication entre ce système d'alimentation et la soupape de la machine à vapeur ; ce mécanisme est construit de telle sorte qu'il arrête le moteur dès que la table vient à se dégarnir de cannes par la négligence des ouvriers.

La canne amenée ainsi, soit d'une manière continue, soit par les nègres, entre les deux cylindres presseurs (fig. 3), s'écrase une première fois, et le jus qui en découle s'échappe en traversant une *bagassière l*, qui est percée de trous. (Voyez le détail fig. 8.) Cette bagassière, formée d'une feuille de cuivre ou de forte tôle, est supportée soit par des coins, soit par une barre de fer qui est elle-même retenue dans des entailles ménagées exprès dans les deux cages. Elle sert principalement à conduire la canne entre le premier et le troisième cylindre, où elle reçoit alors une seconde pression, comme l'indique la coupe fig. 3. Le vesou qui est encore exprimé par cette

seconde pression s'écoule de même à travers la bagassière, d'où il tombe dans l'espèce de gouttière formée par la plaque de fondation même.

En continuant sa marche, elle passe au-dessus du troisième cylindre, pour se rendre entre celui-ci et le quatrième, afin de subir une troisième pression. Mais à ce moment comme elle est déjà fortement comprimée, on a reconnu que, pour l'attendrir, il était utile d'injecter sur elle un filet d'eau chaude ou de vapeur, telle que celle qui provient de la machine après avoir produit son effet sur le piston. — Ce filet arrive par un tuyau *m* dans une bassine en cuivre H, dont le fond est percé de petits trous, et boulonné par ses extrémités sur les cages. Une seconde bagassière *n*, percée de trous comme la première, est placée entre les deux cylindres supérieurs; elle donne passage à l'eau ou à la vapeur, tout en dirigeant la canne entre le troisième et le quatrième cylindre. — Il y en a également une semblable *l'* entre le troisième et le cinquième cylindre.

Après que la canne a ainsi subi ces quatre pressions successives, la bagasse qui en résulte sort du moulin par un plan incliné I, d'où un nègre la prend pour la porter aux fourneaux, où elle sert de combustible. Ce plan incliné est aussi fixé sur la plaque de fondation par deux petites colonnes de fonte J.

Vitesse et travail du moulin. — On conçoit que la vitesse avec laquelle on doit faire marcher les cylindres doit être très-lente, à cause de la pression considérable qu'il faut exercer sur la canne pour en exprimer autant que possible tout le jus. On estime généralement que les cylindres font 3 à 4 tours par minute, avec le diamètre qu'on leur a donné sur le dessin, lequel est de 0m61, ce qui correspond à une circonférence de 1m916. Ainsi, la vitesse à leur circonférence peut être de 10 à 13 centimètres par seconde.

On compte une force de 5 à 6 chevaux-vapeur pour faire marcher un moulin à trois cylindres horizontaux pouvant fournir 1800 à 2000 litres de jus par heure, lorsque la canne est de bonne qualité. La puissance nécessaire pour un moulin à cinq cylindres est essentiellement plus considérable. On peut l'évaluer à 8 ou 10 chevaux-vapeur, on admettant des dimensions de cylindres analogues à celles que nous avons représentées sur le dessin. Ces dimensions sont nécessairement subordonnées à la nature et à la force même du moteur dont on veut disposer. Ainsi, il est évident que lorsque l'appareil doit marcher par un manége, par exemple, on doit adopter des dimensions sensiblement moindres.

M. Nillus, qui a construit, comme nous l'avons dit, un grand nombre de ces appareils destinés à marcher tantôt par les animaux ou le vent, tantôt par l'eau ou la vapeur, et tantôt même par deux de ces moteurs simultanément, possède cinq ou six modèles différents de moulins qu'il approprie ainsi soit à la dépense que le propriétaire veut faire, soit à la puissance qu'il a à sa disposition.

Une nouvelle amélioration très-importante dans les moulins vient encore

d'être apportée par M. Nillus ; elle consiste dans l'assemblage des cylindres avec les arbres. Cet habile constructeur a trouvé le moyen d'éviter leur ajustement, en coulant ces cylindres sur les axes mêmes. A cet effet, comme les axes sont très-forts, il les forge de manière à être plus faibles au milieu qu'aux extrémités.

Le moyeu de chaque cylindre forme une épaisseur de 0,06 autour de l'arbre. De cette sorte, les deux pièces sont tellement adhérentes qu'elles ne forment plus qu'un seul corps. Cette disposition présente beaucoup plus de sécurité encore que les clés, sous le rapport de la solidité. (Voyez le IIIe volume de la *Publication industrielle,* page 303.)

Ce constructeur ayant observé que la bagasse produit une flamme très-longue, qui parcourt tous les conduits des fourneaux d'évaporation, et s'échappe même encore par la bouche de la cheminée d'appel, a conçu qu'on pouvait en tirer parti pour chauffer aussi les générateurs à vapeur, en même temps qu'elle chaufferait les chaudières d'évaporation. Il a donc, dans l'un de ses brevets de perfectionnement, décrit une disposition qui permet de mieux utiliser ce combustible, et par suite de répandre les moteurs à vapeur dans nos colonies.

RÉSULTATS OBTENUS

SUR LE

MOULIN A CINQ CYLINDRES DE M. NILLUS

Nous sommes heureux de pouvoir faire connaître, après la description qui précède, les résultats obtenus sur ces moulins, résultats qui sont véritablement très-remarquables, et qui devront encourager à adopter définivement ce nouveau système. Nous ne pouvons mieux faire évidemment que de transcrire ici deux lettres d'un des premiers négociants et riches propriétaires de la Guadeloupe, M. Valéry Garrou.

A M. NILLUS, CONSTRUCTEUR AU HAVRE.

Paris, 11 juillet 1844.

MONSIEUR,

« J'ai eu l'honneur de vous informer, il y a deux mois, que le moulin à cinq cylindres et la grande roue hydraulique, que vous avez expédiés à la Martinique pour mon compte, en octobre dernier, par le navire *la Pauline,* capitaine Quertier, n'avaient pu être montés de suite, attendu qu'il y avait sur mon habitation des travaux en retard, qu'il fallait absolument déblayer

avant de se livrer à cette importante opération. Elle n'a pu être commencée qu'à la fin d'avril, et des pluies abondantes l'ont beaucoup retardée; mais enfin, après tant de retards, j'ai reçu par le dernier packet des Antilles une lettre de mon gendre, en date du 10 juin, qui m'informe que le montage de l'appareil était terminé et qu'on avait pu l'essayer la veille.

« Comme les détails que contient le paragraphe de cette lettre concernant le moulin ne sont pas moins intéressants pour vous que pour moi, je veux me donner le plaisir de vous le transmettre; le voici :

« Le moulin est entièrement monté; gloire à Nillus! Tout s'est parfai-« tement ajusté; nous avons mis l'eau sur la roue, mais seulement pour « essai, car rien n'est disposé pour faire du sucre, les vannes même ne « sont pas fermées, et nous n'avons dans le canal que sept pouces d'eau; « néanmoins, avec cette faible quantité, qui aurait à peine suffi pour faire « tourner le vieux moulin, et qui n'aurait pas permis d'y mettre plus d'une « canne, nous avons pu en passer cinq à la fois sans que le moulin se soit « arrêté. Avec des cannes vieilles et dures nous avons eu 68 p. 0/0 de jus; « la bagasse est sortie entièrement purgée et sèche, et pourtant les vis de « pression étaient lâches; si on les avait serrées, la bagasse serait sortie « en miettes. G..... estime, comme moi, qu'avec ce faible courant d'eau, « l'appareil produirait, dans un jour, autant de jus qu'on en obtenait avec « onze pouces dans l'ancien moulin. Je ne doute donc plus que le nouveau « ne réalise vos espérances. Nous allons tout mettre en ordre pour faire « du sucre; nous nous mettons au moulin le 17 au matin, et après « quelques jours de roulaison je pourrai vous donner le résultat manu-« facturier. »

« Lorsqu'il me sera connu, je m'empresserai, Monsieur, de vous en faire part. Si j'avais pu me rendre à la Martinique, il y a six mois, comme je le désirais, pour faire monter moi-même votre ingénieux appareil, nous serions depuis longtemps fixés sur le degré d'amélioration qu'il doit apporter dans la sucrerie coloniale; mais encore quelques jours d'attente, et il sera démontré que notre moulin à cinq cylindres, donnant quatre pressions successives, réalise une augmentation de 20 à 25 p. 0/0 de vesou, et par conséquent de sucre, que les colons perdent à cause de l'impuissance de leurs anciens moulins.

« Agréez, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée,

VALÉRY GARROU,
Rue Greffulhe, 5.

Paris, 24 juillet 1844.

M. NILLUS, au Havre.

« Depuis que je vous ai informé du premier essai, qui a été fait sur mon habitation du moulin à cinq cylindres que vous m'avez vendu, j'ai reçu par le packet des Antilles une lettre de mon gendre du 26 juin, et une de

mon ami, M. G....., du 27 du même mois, qui m'entretiennent de leurs observations pendant une roulaison de huit jours. Voici ce que m'écrit mon gendre :

« J'ai le plaisir de vous annoncer que le moulin va à souhait. Il y a « onze pouces d'eau sur la roue ; elle fait à vide (sans canne entre les « cylindres) huit tours et demi à la minute, qui se réduisent à quatre quand « le moulin est garni de vingt-cinq cannes ; la pression avec des cannes « sèches et très-dures, âgées de vingt-deux mois, et par conséquent trop « vieilles, est de 66 p. 0/0. Dans l'ancien moulin ces mêmes cannes, en « repassant la bagasse, n'auraient pas donné au delà de 55 p. 0/0 ; c'est « donc un bénéfice de 20 p. 0/0 sur les récoltes ; car la même proportion se « retrouvera sur toute espèce de cannes ; quand aux cylindres, ils tournent « lentement, la bagasse en sort bien pressée, sans être brisée, et malgré « la mauvaise qualité des cannes, nous obtenons douze cents litres de vesou « en une heure et demie. Nous obtiendrons mieux sous quelques jours, « lorsque nous couperons des cannes de seize à dix-sept mois. »

« M. G..... confirme ce qui précède ; voici ce qu'il m'écrit :

« Après les constructions de maçonnerie que nous avons eu à faire pour « établir la grande roue et les bâtis du moulin, nous avons enfin terminé « l'installation de tout l'appareil, et après l'avoir fait fonctionner j'ai vu « avec plaisir que le résultat était au-dessus de mes espérances. Le moulin « de M. Nillus est parfait.

« Avec des cannes de vingt-deux mois, dures, sèches comme du bois, cent « kilog. de ces cannes donnent en moyenne soixante-six kilog. de vesou.

« La grande roue fait cinq tours à la minute lorsqu'il y a dix-huit cannes « entre les cylindres, et la bagasse bien pressée n'est pas plus brisée que « dans l'ancien moulin. »

« En vous adressant ces renseignements, qui vous seront aussi agréables qu'à moi, j'ai voulu me donner le plaisir de vous transmettre les éloges mérités qui vous en reviennent.

« Veuillez, Monsieur, recevoir mes remerciements pour cet excellent appareil, et agréer, etc.

Signé : VALÉRY GARROU.

TRAITEMENT DU JUS DE LA CANNE.

(Extrait du Dictionnaire technologique, art. *Sucre*, par M. Payen.)

« Depuis plus d'un siècle, l'usage s'est généralement répandu dans les colonies de traiter le suc des cannes dans des chaudières profondes en fonte de fer, exhaussées par une maçonnerie qui augmente encore la capacité de chacune d'elles.

En 1788, M. Dutroud proposa et fit adopter dans une habitation, diverses

modifications utiles, notamment les chaudières en cuivre, à fond presque plat ; il en résulta de grands avantages.

Le chauffage a toujours lieu avec la bagasse ou les cannes épuisées; c'est le seul combustible qui soit, en général, à la disposition des colons, et encore est-il peu abondant.

L'ouverture des foyers et cendriers est en dehors de l'atelier, dans des galeries ouvertes, afin d'éviter l'encombrement et l'inconvénient de la poussière. Ordinairement deux nègres sont employés exclusivement à charger la bouche d'un foyer et à apporter la bagasse utile.

Dans chaque sucrerie, il y a deux équipages de chaudières composés chacun de cinq chaudières, dont les bords supérieurs sont au même niveau et qui sont chauffées par un seul foyer.

M. Nillus, ayant observé que la bagasse produit une flamme très-longue, qui parcourt tous les conduits des fourneaux d'évaporation, et s'échappe même encore par la bouche de la cheminée d'appel, a conçu qu'on pouvait en tirer parti pour chauffer aussi les générateurs à vapeur, en même temps qu'elle chaufferait les chaudières d'évaporation. Il a donc, dans l'un de ses brevets de perfectionnement, décrit une disposition qui permet de mieux utiliser le combustible, et par suite de répandre les moteurs à vapeur.

La première de ces chaudières d'évaporation, celle qui est la plus éloignée du foyer, se nomme *la grande ;* elle offre plus de capacité et est constamment employée à la défécation.

Celle qui suit est appelée *la propre,* parce que le suc y est ordinairement plus dépuré.

La troisième est dite *le flambeau,* parce qu'on suppose que là se manifestent les caractères qui doivent guider sur la nécessité d'ajouter de nouveaux agents de défécation ; tels que la chaux, la lessive, etc.

La quatrième se nomme *le sirop,* parce que le vesou y est plus concentré.

La cinquième a été nommée *la batterie,* parce que, durant la *cuite,* on est quelquefois obligé de battre avec l'écumoire le sirop qui monte.

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA CANNE A SUCRE, PAR M. PÉLIGOT.

Nous croyons que, pour compléter les renseignements que nous venons de donner sur les appareils de fabrication de la canne à sucre des colonies, il ne sera pas sans intérêt de faire connaître les expériences de M. Péligot, sur la composition chimique de cette plante.

« On peut, dit cet habile chimiste dans le Mémoire qu'il a publié en 1840, représenter la composition du vesou venant de la Martinique par les nombres suivants :

Sucre...............	209,0	= 1000,0
Eau.................	771,7	
Sels minéraux........	17,0	
Produits organiques...	2,3	

« Le jus de la canne n'est donc autre chose que l'eau sucrée à peu près pure, composée d'une partie de sucre pour quatre parties d'eau environ. C'est là, sans contredit, un résultat fort inattendu, pour les colons surtout, qui exploitent depuis si longtemps cette plante, avec la conviction qu'elle renferme, outre le sucre non cristallisable, beaucoup de principes muqueux, savonneux, gommeux, etc.

« Je ne prétends pas, ajoute M. Péligot, qu'il faille conclure de mes analyses, faites sur un seul échantillon (jus et cannes sèches envoyés de la Martinique), que le jus de la canne renferme ordinairement 21 pour 100 de sucre. On sait que cette plante présente plusieurs variétés distinctes, et que le vesou offre souvent un degré aréométrique inférieur à 11°8 de Baumé. Sa densité, d'après Dutrône, varie de 8 à 14° de l'aréomètre.

« On sait que la plante dont le suc se rapproche le plus de celui de la canne, la betterave ne renferme pas la moindre quantité de sucre incristallisable, bien qu'on en obtienne toujours une forte proportion dans les opérations auxquelles le jus de betterave se trouve soumis dans la fabrication indigène. Par analogie, on pouvait présumer qu'il devait en être de même pour le jus de la canne, et avec d'autant plus de probabilité que le sucre de cette plante est beaucoup plus facile à extraire que le sucre de la betterave. Les analyses de M. Péligot ne font que confirmer cette prévision.

« Tout le monde s'accorde à attribuer à deux causes principales la formation du sucre incristallisable ou de la mélasse. Ces causes sont :

« 1° La fermentation des jus,

« 2° L'action mal dirigée de la chaleur pendant qu'on vaporise l'eau qu'ils contiennent.

« Les renseignements que nous avons sur le travail colonial tendent à faire admettre que la fermentation du jus de canne, rendue si facile par la température élevée de l'atmosphère, est pour le fabricant un phénomène ordinaire et presque journalier. Le jus devient, à ce qu'il paraît, si fréquemment visqueux et épais, qu'on a pu confondre cet accident, dû à la production de cette matière gommeuse signalée par Vauquelin, avec les caractères naturels et les propriétés normales du vesou à l'état sain.

« De plus, la disposition des appareils employés pour recevoir le jus exprimé ajoute encore aux circonstances déjà trop favorables à sa fermentation. Autant qu'il est permis de juger la disposition des appareils de cuite, comme on vient de le voir plus haut, le mode de travail paraît être très-vicieux. Il semble, en effet, que le vesou doit subir pendant assez longtemps une température moyenne de 30 à 40°, et cette température doit tendre à rendre plus active encore la fermentation.

« Mais c'est surtout à cause de l'emploi mal réparti de la chaleur sur le vesou, que ce système d'appareils est mauvais ; car cette chaleur à laquelle les jus sont soumis est d'autant plus forte qu'ils se concentrent davantage. Or, comme le sucre devient lui-même d'autant plus altérable par le feu qu'il est dissous dans une moindre quantité d'eau, les conditions sont rem-

plies de manière à brûler, à caraméliser une portion considérable de sucre. Ces dispositions irrationnelles, et surtout la perte de vesou qui se fait lors de l'écrasement des cannes, expliquent comment les fabricants de sucre obtiennent tout au plus, pour 100 de cannes, 8 à 6 de sucre brut et 2 à 3 de mélasse, tandis que cette plante contient 18 pour 100 de sucre pur.

« Sans prétendre qu'il faille appliquer à cette industrie les appareils de cuite plus ou moins ingénieux qui ont été inventés en France, ni même qu'il faille renoncer à l'action directe du feu sur les chaudières d'évaporation, je crois, dit encore M. Péligot, qu'on obtiendrait déjà une amélioration sensible dans le rendement en sucre, si l'on arrivait à établir inversement la disposition des appareils actuels ; en portant rapidement le vesou à l'ébullition, au sortir du moulin, on empêcherait sa fermentation ultérieure; le principe fermentescible étant déjà détruit à 60 ou 70°, on pourrait le travailler plus tard en toute sécurité. »

Les cannes sèches sont composées de :

Produits solubles dans l'eau...	64,7	100,0
Matières solubles............	35,3	

La composition de la canne fraîche est exprimée par :

Eau......................	72,1	
Sucre......................	18,0	100,0
Ligneux....................	9,0	

D'après M. Avequin, 1000 parties de cannes d'Otaïti, passées dans un moulin de première force, ont donné 560 de jus et 440 de bagasse, et 1000 parties de canne à rubans, passées dans le même moulin, ont fourni 472 de jus et 528 de bagasse.

« Or, ajoute M. Avequin, 1000 kilog. de cannes contiennent 907 kilog. de jus ; donc la perte en jus, dans la pratique, est de 407, et équivaut à une perte en sucre de 64,08. Un habitant qui fait annuellement 300 boucauts de sucre en obtiendrait 544, s'il pouvait extraire tout le jus que la canne renferme.

« Il est bien évident que cette partie si importante du travail colonial, l'*extraction du jus*, laisse beaucoup à désirer ; en admettant même que le tissu, à la fois résistant et spongieux, de cette plante, empêche que l'écrasement par des moulins plus puissants encore que ceux qui sont usités, ne fournisse un rendement supérieur à celui qu'on obtient ; on pourrait, sans doute diminuer la perte énorme qu'on subit, dans le système actuel, en plongeant les bagasses, au sortir du moulin, dans de l'eau bouillante, pour les exprimer une seconde fois. Peut-être aussi la dessiccation au soleil, puis les lavages méthodiques, pourraient-ils être employés sur ces bagasses déjà déchirées et desséchées par l'écrasement qu'elles ont éprouvé une première fois.

NOTICES INDUSTRIELLES

SUCRE DE BETTERAVE.

PROCÉDÉ DE MACÉRATION DE M. MATHIEU DE DOMBASLE, A ROVILLE (1).

« Les betteraves étant débitées, au moyen d'un coupe-racines, en tranches minces, de 3 à 4 millimètres d'épaisseur environ, sont reçues dans des poches en toile claire, puis portées dans une première chaudière, où elles sont mises en contact avec une quantité d'eau à peu près égale à leur propre poids; là elles sont cuites ou *amorties* à la température de 100°, pendant un quart d'heure au moins. On obtient ainsi un liquide dont la densité est moitié moindre de celle du jus exprimé directement de la betterave.

« Au moyen d'une grue, on transporte les tranches de la première chaudière, dite d'*amortissement*, dans le cuvier de macération le plus voisin de cette chaudière; ce cuvier contient de l'eau froide. D'un autre côté, on apporte dans la chaudière d'amortissement une deuxième charge de betteraves découpées, et l'on chauffe de nouveau, ainsi que toutes les fois qu'on introduit une charge de tranches fraîches.

« Après avoir fait macérer, pendant une demi-heure, les betteraves dans le cuvier n° 1, on les porte dans le cuvier suivant, dans lequel on a versé également une charge d'eau froide. En même temps, on enlève la deuxième charge de betteraves de la chaudière d'amortissement pour les transporter dans le premier cuvier de macération; les betteraves contenues dans ce vase passent alors dans le cuvier n° 2, et celles du cuvier n° 3 dans le cuvier n° 4.

« On procède ainsi, en faisant ces *virements* successifs, dans six cuviers en bois doublés de cuivre mince, après que la cuisson ou l'amortissement a été obtenu dans la première chaudière, de telle sorte que les tranches de betteraves sont successivement plongées dans des liquides moins riches que n'est le jus qu'elles renferment, et à la fin, dans de l'eau pure, qui les épuise entièrement de leur matière sucrée; d'autres tranches plus riches venant après elles accroître graduellement la densité du liquide des divers vases, on obtient ainsi dans chacun d'eux un liquide assez chargé de matière sucrée pour qu'il soit déféqué et livré aux opérations ultérieures de la fabrication.

A Roville, on a opéré la défécation après treize virements ou treize

(1) Extrait d'une brochure publiée par M. de Dombasle, et du rapport de M. Péligot sur les concours relatifs aux prix proposés par la Société d'Encouragement. Voir VII[e] vol. de ce Recueil l'article sur la fabrication et le raffinage du sucre.

passages successifs dans les cuviers de macération, sur des jus dont la densité est à très-peu près la même que celle du jus de betteraves, obtenu directement par les presses.

« La défécation se fait dans la chaudière dite d'amortissement. La quantité de chaux qu'on emploie à Roville varie de 500 à 700 grammes par hectolitre de jus.

« Après le repos du jus déféqué, et lorsqu'il est limpide, il est traité comme dans la fabrication ordinaire, c'est-à-dire qu'il est passé au noir, cuit, passé au noir une seconde fois, cuit à 30° de l'aréomètre de Baumé, passé au noir une troisième fois, et enfin cuit au degré convenable pour greuer rapidement dans le rafraîchissoir.

« Les produits qu'on obtient ainsi sont de belle qualité.

« Quant à leur proportion, dit M. Mathieu de Dombasle, les résultats suivants ont été constamment obtenus dans tous les travaux de la campagne de 1840 à 1841, et en particulier dans des opérations de plusieurs jours de fabrication où les betteraves et les produits ont été pesés avec soin, et qui ont été faites en présence de fabricants distingués et d'hommes éminents dans la science :

« 1000 kilogrammes de betteraves, dont le jus exprimé pèse 7° 1/2 à l'aréomètre de Baumé, produisent 130 à 135 kilogrammes de masse grenée, pesée avant la mise en purgation. Cette masse a produit constamment au delà de 80 kilog. de sucre de premier jet ; et par la recuite des sirops, on obtient encore plus de 20 kilogrammes de sucre de second jet ; au total, en moyenne 104 kilog. de sucre brut, ou très-peu moins de 10 1/2 pour cent du poids des betteraves ».

PROCÉDÉ DE M. BOUCHER,

FABRICANT DE SUCRE A PANTIN, PRÈS PARIS.

Le procédé de ce fabricant a quelque analogie avec celui de M. Mathieu de Dombasle; il consiste à faire macérer et à épuiser, par l'eau fraîche, la pulpe de betteraves obtenue par la râpe. On a vu que, dans le procédé de M. de Dombasle, cette macération s'opère sur des tranches de betteraves amorties d'abord par l'action de l'eau bouillante.

M. Boucher met sa pulpe râpée dans des vases métalliques ou diaphragmes dont le fond est percé de trous et qui se superposent les uns sur les autres; il établit ainsi quinze colonnes, chacune étant formée de six diaphragmes et chaque diaphragme contenant 15 kilogrammes de pulpe; au moyen d'un réservoir placé au-dessus de ce système d'appareils, il distribue uniformément, sur la pulpe, environ 60 litres d'eau légèrement sucrée, provenant des pulpes précédemment lavées, et exprimées par la presse. Le jus qu'il obtient par cette opération est ensuite déféqué.

Quant à la pulpe qui a été lavée une première fois, il la traite par

20 litres d'eau qui déplacent le jus qu'elle renferme ; cette pulpe mouillée, étant soumise à la presse, fournit les jus faibles, qui servent ensuite au lavage d'une nouvelle quantité de betterave fraîche râpée.

M. Boucher affirme qu'il obtient dans sa fabrication courante, au moyen de jus de betteraves qui marquent 6° 1/2 à l'aréomètre de M. Baumé, 8 1/2 à 8 3/5 de sucre brut, savoir :

6,50	de sucre de	premier jet.
1,50	—	deuxième jet.
0,65	—	troisième jet.

NOUVEAU PROCÉDÉ D'ÉPURATION DU SOUFRE.

PAR M. LAMY.

L'épuration du soufre est une opération manufacturière qui, malgré certaines améliorations faites à Marseille, offre encore des inconvénients et de grands dangers : en effet, elle donne lieu parfois à la formation de certains mélanges détonnants dont l'explosion dans de vastes chambres en maçonnerie compromet la vie des hommes.

M. Lamy a imaginé et mis en usage des moyens et appareils simples et économiques qui ont complétement changé l'état des choses. Le soufre est d'abord soumis à une épuration qui sépare sans frais l'eau, les débris organiques et les matières minérales plus lourdes ; très-facilement décanté ensuite dans un cylindre clos, sans émanations ni pertes sensibles, il est entièrement distillé, ne laissant aucun résidu pulvérulent. Plusieurs opérations se succèdent sans démontage, et, lorsque cette dernière mesure devient utile, un obturateur mobile intercepte la communication avec la chambre et prévient la formation de l'acide sulfureux en même temps que l'introduction des cendres dans les chambres.

D'ailleurs, les chambres en briques solidement maintenues et cimentées sont munies de larges soupapes faciles à soulever. Toutes ces dispositions ont tellement atteint le but que l'auteur s'est proposé, qu'aucun accident n'est survenu, et que les produits obtenus sous les formes de soufre raffiné en fleur et en canon ont constamment réuni les meilleures qualités commerciales.

Le problème de l'épuration du soufre par des procédés et appareils salubres et économiques se trouvant ainsi résolu sans laisser rien à désirer, l'Académie des sciences a décerné à M. Lamy un prix de 3,000 fr. de la fondation Monthyon, relatif à l'assainissement des procédés industriels.

HACHE-PAILLE

ET

COUPE-RACINES ÉTABLIS SUR LE MÊME BATI

POUR MARCHER PAR UN SEUL MOTEUR

PAR

MM. MOTHES, de Bordeaux

(PLANCHE 22)

Il y a quelques années, M. Cambray père, mécanicien à Paris, qui s'est constamment occupé de la confection des machines agricoles dans plusieurs desquelles il a apporté de véritables améliorations, prit un brevet d'invention et de perfectionnement de cinq ans pour un appareil réunissant un hache-paille, un moulin à concasser les grains et un coupe-racines, et qui était mis en mouvement par un même moteur; chaque partie de cet appareil pouvait d'ailleurs agir ensemble ou séparément.

Cette idée de réunir ainsi plusieurs machines en une seule, remplissant les diverses conditions que l'on se propose d'obtenir, peut être très-utile dans un grand nombre de fermes, parce que, comme chaque appareil séparément, ne doit, en général, travailler qu'à de certaines époques et souvent même pendant quelques heures seulement, on a l'avantage de rendre le prix de la machine tout entière moins élevé, de lui faire occuper moins de place, et elle devient par suite plus économique de main-d'œuvre et d'entretien.

Comme nous nous proposons de donner plusieurs machines d'agriculture construites et perfectionnées par M. Cambray, nous pourrons faire connaître avec détail les systèmes conçus par cet habile praticien, à qui son intelligence et ses travaux ont fait décerner plusieurs médailles d'encouragement, soit par des sociétés savantes, soit par les expositions industrielles.

MM. Mothes frères, de Bordeaux, qui s'occupent aussi de la construction des machines agricoles, ont eu également pour objet de réunir deux

appareils en un seul. Ainsi, ils adaptent actuellement à un même bâti le hache-paille et le coupe-racines, qu'ils disposent de manière à pouvoir être mis en action par une seule manivelle, soit qu'on veuille les faire marcher tous deux en même temps, soit, au contraire, qu'on n'en fasse mouvoir qu'un seul. Ces constructeurs comprenant que, pour les agriculteurs, il faut toujours des appareils simples, peu coûteux, et faciles à entretenir, établissent ces machines d'une manière très-économique, sans y apporter aucun luxe, peut-être même laissent-ils plutôt à désirer sous le rapport des formes; mais ils s'attachent surtout à ce qu'elles fonctionnent bien, et qu'elles puissent être mises, sans danger, entre les mains des garçons de ferme auxquels elles sont principalement destinées.

DISPOSITION DE LA DOUBLE MACHINE DE MM. MOTHES.

REPRÉSENTÉE PLANCHE 22.

La fig. 1re de cette planche montre le plan de toute la machine montée et vue en dessus.

La fig. 2e est une coupe verticale, faite au milieu de sa longueur, suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 3e est une vue de profil en tête de l'appareil.

La fig. 4e un fragment de projection verticale pour montrer la disposition du mouvement.

Il n'est pas difficile de reconnaître que tout le bâti de cette double machine est en bois, composé de montants et de traverses; c'est encore la construction préférée jusqu'ici pour les appareils relatifs à l'agriculture, parce qu'elle est la plus économique, quoique cependant elle ne soit pas la meilleure, car ces appareils étant en général exposés à l'air, aux intempéries des saisons, les bâtis en bois travaillent nécessairement beaucoup, leurs assemblages se dérangent, et alors ils ne fonctionnent pas souvent comme ils devraient le faire. Sans doute les bâtis en fonte de fer seraient de beaucoup préférables; déjà dans plusieurs cas on en a fait l'application, mais le prix en est encore sensiblement plus élevé que le bois, et ce que les agronomes, les fermiers recherchent avant tout, c'est le bas prix de revient des machines qui leur sont indispensables.

Du couteau coupe-racines. — Contre les deux principaux montants A de l'appareil sont adaptés de simples coussinets en bois *a*, lesquels portent les tourillons de l'arbre coudé *b*, en fer forgé. Cet arbre prolongé de chaque côté du bâti, porte d'un bout, la manivelle en fonte B, par laquelle il doit recevoir son mouvement de rotation, et près de celle-ci, un volant ou plateau circulaire C, armé de lames destinées à couper les racines pour les diviser en morceaux très-petits, comme on pourra facilement s'en rendre compte.

On voit en effet que les constructeurs ont adapté sur la face intérieure

de ce plateau quatre couteaux aciérés D, placés dans une direction parallèle aux rayons du cercle, et boulonnés à chacune de leurs extrémités; l'arête tranchante de ces couteaux se trouve évidemment dans la direction du mouvement, de manière que, lorsqu'ils se présentent (en tournant dans le sens indiqué par la flèche, fig. 2), vers le bord inférieur de la trémie E, dans laquelle les racines sont renfermées, ils coupent celles-ci en tranches minces qui s'échappent par l'espace vide laissé derrière eux. L'épaisseur de ces tranches est déterminée par l'écartement qui existe entre le tranchant des couteaux et la surface plane du disque. Cette surface est formée par des feuilles de tôle *c* rapportées à l'avance sur le plateau.

En avant des mêmes couteaux sont placées plusieurs petites lames *d*, formées en coin, et disposées pour couper dans une direction perpendiculaire à celle des grands couteaux; elles font corps avec des goujons taraudés qui traversent l'épaisseur du plateau de fonte, et s'y trouvent retenues derrière par des écrous. Ainsi, il est évident que, par cette disposition, si l'on donne un mouvement de rotation à l'arbre *b*, les couteaux et les petites lames qui les précèdent diviseront les racines qui se présenteront contre eux, en morceaux très-minces et étroits. On sait très-bien aujourd'hui que, pour la nourriture des bestiaux, il faut leur donner des racines (telles que des carottes, navets, betteraves, etc.), bien divisées, afin de faciliter leur organe digestif, et qu'elles profitent le plus possible à leur nutrition.

En établissant le plateau C de manière que sa jante, ses bras et son moyeu soient en fonte d'une seule pièce, les constructeurs ont eu non-seulement pour objet de pouvoir y appliquer facilement les couteaux, mais encore de le rendre capable de remplir les fonctions de volant, pour régulariser l'action de la manivelle; et lors même que ce plateau n'aurait pas travailler, parce qu'il ne se trouverait pas de racines dans la trémie, il n'en fonctionnerait pas moins comme volant. Sa construction peut être suffisamment comprise par les détails représentés sur la planche. Ainsi, une partie est vue sur la face extérieure (fig. 6), une autre sur la face intérieure qui travaille (fig. 7), et une coupe horizontale tout entière faite à la hauteur de la ligne 7-8, sur la fig. 8.

La trémie E est simplement composée de deux planches droites et verticales logées et fixées entre les montants A et A′, et d'une troisième planche inclinée qui dirige les racines contre le porte-couteau.

Du couteau hache-paille et de son mouvement. — En avant des deux mêmes montants A, sont adaptés deux coulisseaux verticaux en bois dur F, destinés à recevoir le châssis du couteau qui doit opérer la section de la paille ou d'autres tissus analogues que l'on veut soumettre à l'action de l'appareil. Ce châssis n'est autre qu'un cadre en fer méplat G, à la partie inférieure duquel est fixée une équerre à oreille *f*, pour y adapter à charnière l'extrémité d'une bielle en fer forgé H, qui, par le haut, embrasse la partie coudée de l'arbre à manivelle, dont elle reçoit un mou-

vement rectiligne alternatif. Ainsi, lorsqu'un homme appliqué à la manivelle B fait tourner le plateau C, il entraîne avec celui-ci la bielle et le châssis porte-couteau, qui glisse alors verticalement entre les deux coulisseaux F.

Le couteau *g*, qui doit couper la paille et que l'on voit en détail sur une grande échelle (fig. 12), est fixé par deux boulons aux deux côtés latéraux du châssis (fig. 3), et placé dans une direction inclinée qui en facilite le tranchant. Il est aussi affûté sur les deux bords opposés pour couper soit en montant soit en descendant. Dans sa marche rectiligne, la face droite et verticale intérieure glisse contre deux règles horizontales en fer *h*, fixées par leurs extrémités aux montants A, et retenues de plus vers le milieu par des oreilles méplates *i*, qui se vissent sur deux traverses de bois *j*, également assemblées aux deux mêmes montants. Ces deux règles parallèles laissent entre elles un espace vide qui donne passage à la paille amenée contre le porte-couteau par les deux cylindres alimentaires I, I'. (Voyez les détails aux 2/15es en projection de face, fig. 10, et en coupe verticale, fig. 11.)

Ces cylindres alimentaires sont cannelés en sens inverse, et à dentelures angulaires pour entraîner la paille dans leur mouvement de rotation. Leurs axes prolongés sont en fer et reçus par les montants A. Ils se prolongent à l'extérieur d'un bout, pour porter deux pignons dentés en fonte J, J', qui s'engrènent et qui servent à communiquer, en sens contraire, au cylindre supérieur, le mouvement transmis d'abord à celui inférieur à l'aide de la roue à rochet K. Cette roue, qui est aussi en fonte, est dentée comme l'indique la fig. 4; deux cliquets *k*, *k'*, adaptés par articulation aux deux bras opposés d'un levier en fer *l*, s'engagent successivement dans la denture de la roue, pour la faire marcher d'une ou de plusieurs dents, en tirant de bas en haut.

L'extrémité supérieure du levier *l* s'assemble, par une courte bielle *m*, à un levier à coulisse *n*, monté sur le bout de l'axe à manivelle, mais du côté opposé au plateau. Il est aisé de comprendre que, dans la rotation de cet axe, la petite bielle *m* fait décrire aux extrémités du premier levier *l* des arcs de cercle opposés, et, par suite, oblige l'un des cliquets à tirer la roue pendant que l'autre l'abandonne, et réciproquement. La coulisse, pratiquée dans la longueur du second levier *n*, permet évidemment de varier l'amplitude du mouvement de ces cliquets, et de changer par conséquent l'avancement des cylindres et la longueur de la paille que l'on veut couper.

Les pailles sont couchées par une femme ou un enfant dans l'espèce d'auge en bois M, garnie de zinc intérieurement, et supportée par des traverses adaptées aux premiers montants A, et à deux autres plus courts A^2. Une planche de chêne N, munie d'une poignée en bois *p*, vient s'appuyer d'une manière régulière sur toute la surface de l'auge, pour égaliser autant que possible l'épaisseur de la couche. Elle est mobile sur deux

pitons *q*, adaptés à l'intérieur des premiers montants A ; et lorsqu'on veut la maintenir soulevée, comme quand il est nécessaire de remettre une nouvelle quantité de paille dans l'auge, il suffit de l'appuyer sur une partie échancrée d'une barre de bois verticale O adaptée sur le côté, et qui, à cet effet, forme ressort par le bas, pour faciliter son déplacement latéral. Cette auge peut être suffisamment comprise par le plan fig. 5 (1), qui est une coupe horizontale de l'appareil à la hauteur marquée par la ligne 3-4, et par la section transversale (fig. 9) qui est faite suivant la ligne 5-6.

La construction et le jeu de cet appareil sont trop simples et trop faciles à comprendre pour que nous ayons besoin d'ajouter d'autres détails. Nous avons dû le représenter rigoureusement tel qu'il est exécuté, comme nous le faisons pour toutes les machines que nous publions ; mais nous sommes convaincus qu'on peut apporter dans les formes et dans les dimensions des pièces plus de régularité et de symétrie que MM. Mothes ne l'ont fait.

NOTE SUR UNE ROUE HYDRAULIQUE

RÉCEMMENT ÉTABLIE DANS LA BLANCHISSERIE, DITE DU BREUIL,

Située à Saint-Amarin

PAR M. MAROZEAU DE WESSERLING,

ET APPARTENANT A MM. GROS, ODIER, ROMAN ET Cᵉ

Cette roue est de celles dites à aubes planes, ou de côté, emboîtées dans un coursier circulaire (2).

La roue, le coursier et le vannage sont en bois. Ce mode de construction a été adopté dans des vues d'économie ; mais on a apporté dans l'exécution tous les soins et la précision désirables.

Les aubes sont dans la direction des rayons.

Les contre-aubes laissent, dans leur partie supérieure, un intervalle de 0^m013.

(1) Nota. — Sur cette fig. 5, on a représenté la roue à rochet et le pignon J, sur la droite ; pour être en projection avec la fig. 3, ils devraient être réellement placés à gauche, ou bien il faudrait imaginer la figure retournée.

(2) Nous avons publié dans le 1er vol. de ce Recueil une roue tout à fait analogue à celle-ci. Nous avons donné les règles nécessaires pour les construire, avec des tables pour déterminer les dépenses d'eau.

Outre les deux couronnes extrêmes, il existe deux autres couronnes intermédiaires, qui partagent les augets en trois parties sensiblement égales.

Ces cloisons intérieures, qui ajoutent beaucoup à la solidité de la roue, sont d'ailleurs destinées à remplir un autre but, dont on parlera plus loin.

Le coursier circulaire, dans sa partie supérieure, se raccorde par un arc de courbe sensiblement parabolique, avec la portion de parabole qui forme le seuil de la vanne; à sa partie inférieure, il est terminé par un plan tangent incliné à 1/100ᵉ, et de 3 mètres de longueur.

L'extrémité de ce plan forme un seuil de 0m30 sur le fond du canal de fuite.

La vanne en déversoir a la forme d'une parabole calculée pour une hauteur d'eau de 0m200.

Quatre cloisons, placées en regard des quatre couronnes de la roue, divisent cette vanne en trois baies, dont les largeurs sont un peu moindres que celles des portions d'augets qui leur correspondent. Chacune de ces baies peut être fermée par un madrier, que l'on y fixe à l'aide de boulons; de telle sorte que l'admission de l'eau dans la roue peut être opérée, à volonté, par le tiers de la vanne, par les deux tiers, ou la totalité.

L'origine de la veine fluide, à partir de l'arête amont du seuil de la vanne, est d'environ 0m46 distante de la roue, de telle sorte que, pour un abaissement de la vanne de 0m20, cette veine fluide ne rencontre les aubes qu'à une hauteur verticale moyenne de 0m40, c'est-à-dire avec une vitesse de 2m80 environ.

La plupart des dispositions précédentes sont conformes à celles de roues déjà décrites et reconnues pour avoir une marche satisfaisante; mais il en est quelques-unes qui me paraissent nouvelles, et sur lesquelles je désire fixer l'attention de la Société industrielle; je veux parler : 1° des couronnes intermédiaires de la roue et des cloisons correspondantes adaptées à la vanne; 2° de la distance à laquelle la vanne se trouve de la roue.

On a déjà dit comment on pouvait, à volonté, recevoir l'eau par le tiers, les deux tiers ou la totalité de la largeur du vannage. Les deux couronnes intérieures, qui divisent les augets, font que, dans ces diverses circonstances, l'eau opère son action sur le tiers, les deux tiers ou la totalité de chaque auget.

On a adopté cette disposition, dans le but de faire agir l'eau sur la roue d'une manière sensiblement égale, pour des dépenses très-variables. En effet, il est évident que l'épaisseur de la lame d'eau introduite sur la roue a une grande influence sur le rendement, soit par la manière dont elle y arrive et dont elle effectue sa rencontre avec les aubes, soit par son mode d'agir dans le coursier. Et, à ce dernier égard, quelque soin que l'on apporte dans la construction de la roue, il est certain qu'il y a toujours un intervalle appréciable entre les aubes et le coursier, par lequel s'échappe une lame d'eau sans effet sur le moteur; la perte de force due à cette circonstance, étant sensiblement proportionnelle à la largeur du coursier, on

voit que tant que cette largeur restera la même, la perte affectera d'autant plus le produit, que les quantités d'eau agissantes seront moins considérables. Mais, si en même temps que la dépense d'eau diminue, on rétrécit la largeur du coursier, on peut espérer d'établir une sorte de compensation qui conduise à des rendements, sinon identiques, du moins très-rapprochés. C'est en effet ce qui a été confirmé par l'expérience.

J'arrive maintenant à la distance de la vanne à la roue, et à la forme à donner à la partie de cette vanne formant déversoir.

M. Morin, dans son Mémoire sur les roues hydrauliques (Metz, 1836), page 66, conseille d'adopter les vannes en déversoir placées *le plus près possible de la roue*. On s'est écarté, comme on voit, de cette dernière condition, puisqu'il existe une distance de 0^m46 entre la roue et l'arête extérieure du seuil de la vanne. En voici la raison : par cette disposition, la veine fluide rencontre les aubes presque perpendiculairement à un point très-rapproché du coursier, et avec une vitesse qui ne dépasse, en moyenne, que de 1 mètre celle des aubes, pour une ouverture de vanne de 0^m20, vitesse qui va en diminuant à mesure que cette ouverture diminue elle-même, mais qui cependant dépassera toujours celle des aubes, condition indispensable à la bonne introduction de l'eau.

En rapprochant davantage la vanne de la roue, on s'exposerait, d'une part, à faire porter la veine fluide sur une partie de l'aube trop voisine de la contre-aube, ou sur cette contre-aube elle-même, et, de l'autre, à établir la rencontre des aubes et de la veine fluide sur un point où la vitesse de l'aube dépasserait celle de la veine, ce qui occasionnerait un choc en sens contraire du mouvement.

A part cette observation, qui ne paraît pas sans importance, hâtons-nous de déclarer que les conseils donnés par M. Morin, dans l'ouvrage précité, ont servi de base à la plupart des autres dispositions qui ont été adoptées pour la construction de la roue, et que l'expérience semble prouver combien on a eu raison de les prendre pour guides.

Quelques mots encore sur le plan incliné qui termine le coursier : on le trouve employé dans des roues très-anciennes, et cependant, dans beaucoup de constructions récentes, il a été supprimé. C'est à tort, évidemment ; car, en conservant à l'eau qui sort de la roue la vitesse qui lui est commune avec les aubes, il est clair que l'on en facilite le dégagement et que l'on peut même utiliser cette vitesse pour repousser l'eau du bief inférieur, dont le niveau pourrait ainsi, sans inconvénient, s'élever de 0^m10 à 0^m15 au-dessus du point le plus bas de la roue.

Pour vérifier la justesse des principes dont l'exposition précède, des expériences au frein ont été faites sur la roue dont il s'agit.

Le frein dont on a fait usage est celui de l'établissement de Bitschwiller, que MM. Stehelin et Huber ont eu l'obligeance de nous prêter, et qui a été manœuvré sous la direction de l'un de leurs employés habitué à ce genre d'expériences.

La poulie de ce frein a 0m 70 de diamètre sur une largeur de 0m 260. La longueur du levier est de 3 mètres.

Il a été placé sur le prolongement de l'arbre de la roue, de sorte que les résistances à vaincre ont été, outre celles du frein, les frottements de l'arbre de la roue sur ces deux paliers, et de l'arbre additionnel sur un seul palier.

On voit donc que *le travail du frein* peut être sensiblement considéré comme égal à *l'effet utile* transmis par la roue. Les précautions reconnues nécessaires à la marche du frein ont été scrupuleusement observées. Les nombres inscrits au tableau se rapportent aux périodes pendant lesquelles on observait une grande régularité dans les oscillations du frein et dans la vitesse de la roue.

Le jaugeage n'a pu se faire que par une seule méthode. On a noté la hauteur de la nappe d'eau au-dessus du seuil de la vanne, et l'on en a déduit le volume de l'eau écoulée par la formule connue :

$$Q = m H L \sqrt{2gH} \quad (1)$$

dans laquelle m s'éloigne peu de 0,4.

On a maintenu, par un moyen très-précis, la surface de l'eau amont à une hauteur constante pendant tout le temps des expériences (2).

A l'aval, lorsque la roue était arrêtée, l'eau venait affleurer l'extrémité inférieure du plan incliné qui termine le coursier.

La chute a été comptée depuis la surface de l'eau en amont jusqu'à la surface de l'eau en aval, prise à l'extrémité du plan incliné. Le temps a manqué pour faire varier le niveau de l'eau en aval ; mais il est évident que l'on aurait pu en élever sensiblement la surface, sans nuire à la marche de la roue, et que, dès lors, les chutes adoptées dans les calculs sont plutôt trop fortes que trop faibles.

(*Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, n° 86.)

(1) Voyez à ce sujet les tables et les règles données dans la 1re liv. du 1er vol.

(2) Ce moyen très-simple, et bien plus exact que les flotteurs, mérite peut-être d'être mentionné. Il consiste dans l'emploi d'une latte, très-légèrement inclinée à l'horizon, placée près d'une vanne de décharge à la surface de l'eau, de manière à ce que son arête inférieure soit en partie immergée. Au point où l'immersion cesse se trouve une bulle d'air, qui glisse le long de la latte, au moindre changement de niveau dans la surface de l'eau. On fixe sur la latte un trait qui sert de repère, et un aide, tenant la manivelle de la vanne de décharge, a soin que la bulle d'air reste stationnaire, ou plutôt qu'elle se meuve de part et d'autre du repère, par petites oscillations.

MACHINE

A MOIRER ET A GAUFRER LES PAPIERS

LES TISSUS, LES FEUILLES MÉTALLIQUES, ETC.

PAR

M. KURTZ, mécanicien à Paris

(PLANCHE 23)

La fabrication des papiers de tenture est devenue tellement recherchée, tellement répandue en France, que l'on est arrivé aujourd'hui à les livrer à un prix extrêmement modique et à en fabriquer, pour ainsi dire, pour tous les pays du monde. Il est vrai que, par l'adoption des machines continues, les papiers blancs sont eux-mêmes vendus à très-bon marché; mais il faut bien le dire, l'impression de ces papiers à une seule et même à plusieurs couleurs se fait actuellement avec une si grande rapidité, qu'elle ajoute peu au coût de la matière première. A l'aide des procédés aux rouleaux, on imprime avec la même célérité que les tissus de coton ou de laine, et on varie les dessins, suivant la mode, selon les goûts, comme on le fait dans les fabriques de toiles peintes. C'est ainsi qu'à Paris, où cette branche intéressante de l'industrie a pris la plus grande extension, on livre maintenant des papiers de tenture à une et même à deux et trois couleurs à 0 fr. 50, 0 fr. 60 et 0 fr. 80 c. le rouleau; il y en a même à des prix inférieurs. Par les nouveaux procédés brevetés de MM. Bouquet et Goubin qui s'occupent spécialement de l'impression des papiers rayés, dans tous les genres et sur toute espèce de fonds, nous ne doutons pas qu'ils n'arrivent à rendre encore les produits de cette industrie plus économiques, tout en les perfectionnant. En effet, sans employer de planches gravées en relief, comme on le fait encore dans un grand nombre de fabriques; sans faire usage non plus des rouleaux gravés en creux qui permettent d'opérer très-rapidement, ces habiles fabricants ont conçu une disposition fort simple pour effectuer toute espèce de rayures soit sur papiers blancs ou foncés, soit sur dorés ou veloutés, en dépensant moins de couleur qu'à la planche et en marchant avec autant de célérité qu'au rouleau.

Ce n'est pas seulement sous le rapport du bon marché que l'on doit en-

visager les progrès de cette industrie, mais bien aussi sous le rapport des beaux produits; car on fabrique aujourd'hui des papiers de tenture qui ne le cèdent en rien, par la beauté et la finesse du dessin, aux tissus imprimés. Les papiers de luxe surtout sont d'une richesse et d'une exécution tout à fait remarquables. Parmi ces papiers nous avons à distinguer ceux qui sont moirés ou gaufrés, soit sur des fonds blancs ou colorés, soit sur des fonds dorés ou à dessins.

Le gaufrage et le moirage des papiers sont des applications très-utiles et très-intéressantes qui ajoutent encore à l'extension de cette industrie déjà si étendue. Ils en augmentent le luxe, en en faisant ressortir tout le brillant, et permettent de l'employer dans une foule de petites industries.

Comme l'appareil qui sert à effectuer cette opération n'est pas encore bien connu, quoiqu'il soit d'une construction fort simple, et comme peu de constructeurs s'en sont occupés jusqu'ici, nous avons profité de l'obligeance de M. Kurtz pour publier la machine double qu'il a conçue, et qui nous a paru réunir tous les avantages d'une bonne exécution et d'une disposition commode pour l'ouvrier chargé de la conduire.

Cette machine permet non seulement de faire les moirés sur toute espèce de papiers, mais elle peut aussi faire les papiers chagrins ou bien les papiers gaufrés, c'est-à-dire imitant les maroquins, et à cet effet appelés souvent par les fabricants papiers maroquinés. Elle s'applique aussi aux feuilles métalliques, telles qu'à des feuilles d'or, d'argent, de cuivre, et même à divers tissus et à certains cuirs convenablement préparés.

La rapidité avec laquelle elle opère, dans la fabrication des papiers, est telle, qu'elle peut, dans une journée de 10 heures, lorsqu'elle est mise en mouvement par un moteur continu, comme une machine à vapeur, livrer 2000 feuilles de papier du format raisin, soit moiré, soit gaufré, et avec l'aide de deux hommes; ce travail serait plus considérable encore, nous dit M. Pelletier, qui s'occupe particulièrement de cette fabrication, si l'on employait du papier mécanique en rouleau, parce qu'il y a nécessairement moins d'interruption pour introduire les feuilles entre les cylindres.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A MOIRER.

REPRÉSENTÉE PLANCHE 23.

Cette machine est dessinée en projection horizontale sur la fig. 2, en élévation de face fig. 1, en projection latérale fig. 3, et en coupe verticale fig. 4; cette dernière est faite par le milieu de l'appareil, suivant la ligne 1-2 du plan.

Du bati. — Le bâti de cette machine est entièrement en fonte, d'une construction élégante, et à la fois légère et solide; il se compose de deux châssis parallèles A, renforcés sur tous leurs contours par de petites moulures arrondies que montre la section verticale (fig. 5), laquelle passe par la ligne 3-4. Ils se terminent par des patins qui se boulonnent sur le

plancher ou le sol de l'atelier, et sont maintenus plus haut par cinq fortes traverses de fer B à écrous et à embases. C'est à la partie supérieure de ces châssis que sont adaptés les coussinets des axes des rouleaux destinés à moirer ou à gaufrer, et en même temps ceux des tourillons des arbres qui doivent leur donner un mouvement de rotation.

Des rouleaux gravés en cuivre. — Dans l'opération du moirage ou du maroquinage des papiers, des tissus ou feuilles métalliques, on emploie deux espèces de rouleaux ; ce sont des rouleaux en cuivre ou en bronze et des rouleaux en papiers. Les premiers, représentés en C et C' sur le dessin, peuvent être pleins ou creux ; ils reçoivent sur toute leur surface extérieure une gravure plus ou moins prononcée, suivant le résultat que l'on veut produire. Ainsi, pour le moiré, on fait le plus souvent une gravure moins profonde : elle se compose en général d'une suite de traits en hélice, dans une seule direction, et que l'on affaiblit dans de certaines parties, en adoucissant et en formant des nuances variables. Pour le gaufré ou le maroquin, on grave au contraire très-profond, en traçant des hélices qui se croisent, de manière à former des losanges, dont les côtés sont saillants. Lorsqu'on veut faire des imitations *chagrin*, le rouleau droit être gravé en semés ou pointillés très-prononcés, de manière à former des creux et des saillies irrégulières. Ces deux derniers genres de gravures se font le plus ordinairement à la machine à graver ; aussi elles sont d'un prix beaucoup moins élevé. En effet, on paye en général pour graver un rouleau de la dimension de celui que nous avons dessiné, 200 à 300 fr. au plus, en maroquin ou chagrin ; tandis qu'il faut compter 1000 à 1200 fr. quelquefois pour la gravure d'un cylindre moiré.

Il est préférable de faire les cylindres creux comme celui qui est vu en détail sur les fig. 6 et 7, parce qu'ils permettent d'y introduire des boulons préalablement chauffés au rouge, pour les échauffer, et on a reconnu dans la fabrication, que, lorsqu'on opère à un certain degré de température, on obtient des moirés ou des maroquins plus brillants. Les dimensions que l'on donne à ces cylindres sont déterminées par les formats des papiers que l'on emploie : en général c'est le raisin qui est le plus en usage ; la machine qui nous occupe est construite pour ce format, ainsi les cylindres portent 51 centimètres de table ou de longueur de partie gravée, et 14 centimètres de diamètre. Celui-ci est susceptible de diminuer, par ce qu'on abat quelquefois la gravure pour la renouveler.

Des rouleaux en papier. — Les seconds cylindres D D', contre lesquels doit s'opérer la pression des premiers doivent être en papier, afin de conserver une certaine élasticité que n'ont pas les rouleaux métalliques. Ainsi, des rouleaux en fonte ou en fer, lors même qu'ils sont recouverts d'un drap ou d'un lange de laine, ne conviennent pas : ils fatiguent la gravure des cylindres de cuivre, et très-souvent ils font *maculer*. L'exécution de ces cylindres en papier, qui présentent beaucoup d'analogie avec ceux que l'on emploie dans les machines à calendrer ou à lustrer les étoffes,

exige beaucoup de soin et d'attention de la part du constructeur. Il doit choisir du papier blanc et bien collé, qu'il réunit en feuilles après les avoir percées, et qu'il enfile sur un fort axe en fer E, à section carrée ou hexagonale (voy. le détail du cylindre D, fig. 8 et 9). Il en met ainsi sur toute la longueur de la table, puis il serre fortement toutes ces feuilles entre des rondelles et des écrous, assujétis aux deux extrémités taraudées de l'arbre. Pour opérer une pression assez considérable, il faut que ces écrous soient serrés par plusieurs hommes avec de très-longs et très-forts leviers en fer, où il faut soumettre le cylindre à l'action d'une presse hydraulique. On conçoit que l'opération doit être faite à plusieurs reprises et durer plusieurs jours et même plusieurs semaines. Ainsi, après avoir serré une certaine quantité de papier, on en remet de nouveau que l'on comprime de même, en laissant toujours un long intervalle de temps d'une pressée à l'autre, pour que le papier ne tende pas à reprendre son volume primitif. Le cylindre préparé de la sorte est ensuite tourné au support à chariot, avec un outil d'acier fondu bien trempé et très-compacte, car cette matière est difficile à tourner et demande beaucoup d'attention et d'habitude. On a soin de le mettre exactement au diamètre du cylindre en cuivre, afin qu'il marche avec la même vitesse et qu'il se développe, comme celui-ci, d'une circonférence, à chaque révolution.

Pour que l'opération du moirage se fasse bien régulièrement, il est nécessaire que le cylindre de papier soit lui-même moiré à l'avance. Et, à cet effet, il suffit de presser contre lui très-fortement le cylindre gravé C, afin de faire reporter sur sa surface toute la gravure qui se trouve sur ce dernier. On conçoit qu'il faut alors exercer une pression bien considérable et déployer une certaine puissance, pour pouvoir obtenir cette gravure sur un cylindre qui, par sa construction, présente une très-grande dureté; cette gravure, du reste, se reproduit très-bien, et quand les deux cylindres ont été préalablement bien tournés au même diamètre, on peut dire qu'ils s'engrènent sur tous les points, dans tout le développement de leur circonférence. C'est alors qu'en faisant passer entre eux une feuille de papier et en leur donnant un mouvement de rotation en sens inverse, comme dans les laminoirs, on obtiendra à la sortie une feuille parfaitement moirée sur toute son étendue, et présentant en creux la gravure en relief des rouleaux et réciproquement.

Mouvement des cylindres. — Cette machine peut être mue soit à bras par un ou deux hommes, soit à l'aide d'une poulie par un moteur quelconque. Dans ce dernier cas, on a l'avantage d'un mouvement plus continu, plus régulier et surtout beaucoup plus accéléré; car, comme la vitesse n'influe pas sur la bonté de l'opération, dès qu'on possède la puissance nécessaire, plus on pourra marcher vite, plus on fera de travail. Sur le dessin nous avons imaginé que l'appareil devait marcher par deux hommes; nous avons alors placé sur un arbre principal en fer F, qui traverse toute la largeur du bâti, deux manivelles dont une seulement (celle

que l'on voit en G) a pu être figurée. On conçoit sans peine qu'en mettant à la place de celle-ci une poulie de 35 à 40 centimètres de diamètre, cet arbre pourrait être commandé par une machine à vapeur.

Aux deux extrémités du même arbre F sont fixés deux pignons H, H', dont l'un engrène avec la roue droite en fonte I, et l'autre avec un pignon intermédiaire H^2, monté à douille sur un goujon fixé au bâti, pour engrener avec la seconde roue droite I', de même diamètre et exactement semblable à la première. Ces deux roues I et I', sont montées chacune sur le bout de l'axe en fer des cylindres en papier, pour communiquer à ceux-ci le mouvement de rotation qu'elles reçoivent elles-mêmes, et qui est aussi transmis aux cylindres en cuivre par les petites roues J, J', de même diamètre, et assujéties à l'autre bout des axes de ces cylindres. On pourrait bien supposer que ceux-ci doivent s'entraîner par leur simple contact, et éviter ainsi les petites roues J et J', comme cela a lieu dans une machine primitivement construite par M. Kurtz, et que nous avons vue dans une belle fabrique de papiers peints à Paris. Mais ce constructeur a reconnu, et nous sommes de son avis, que lorsque les rouleaux marchent par contact seulement, ils sont susceptibles de se déranger, et par suite, leur gravure de ne pas se correspondre avec la même justesse, tandis que, conduits par des engrenages droits, bien fins et bien taillés, on ne peut jamais avoir cette crainte; nous croyons même que dans cette circonstance, pour que ces engrenages ne puissent prendre du jeu, il serait convenable que leur denture fût taillée en hélice, comme celle dite de White.

La vitesse avec laquelle on peut faire marcher les cylindres est évidemment très-restreinte, lorsqu'on la commande à la manivelle. En effet, en donnant à celle-ci un rayon de 0^m365, on ne peut pas compter plus de 30 révolutions par minute : or, le rapport des pignons H et H' aux roues avec lesquelles ils engrènent, est comme 1 : 7,38; par conséquent, le nombre des révolutions des cylindres par 1' est seulement

$$\text{de } \frac{30}{7,38} = 4,065$$

leur circonférence étant $0^m140 \times 3,1416 = 0^m440$.
L'espace parcouru par 1' est donc :

$$0^m440 \times 4,065 = 1^m788.$$

Ainsi, en une heure, en admettant qu'il n'y ait aucune interruption dans le travail, aucune discontinuité dans l'introduction du papier entre les cylindres, comme si l'on passait une feuille continue, on voit qu'on aurait moiré ou gaufré une longueur de

$$1^m788 \times 60 = 107^m28$$

c'est-à-dire que le travail serait de plus de 100 mètres par heure. En fabrication courante, surtout lorsqu'on prend des papiers en feuilles, comme cela arrive très-souvent, il ne faut évidemment pas compter sur un tel résultat

à cause des temps perdus, des moments d'arrêt qui se répètent sans cesse. Mais avec des hommes habitués et s'occupant bien, on peut toujours estimer à 100 feuilles de raisin passant sous la machine par heure.

Lorsque l'appareil est mû par une machine à vapeur, on fait faire facilement à l'arbre des pignons, 60 tours par minute, ce qui double ainsi la vitesse et le produit des cylindres. Nous tenons de M. Pelletier, fabricant intelligent, qu'il obtenait, moyennement, 2,000 feuilles de raisin moirées ou gaufrées par journée de dix heures. En employant des papiers continus, il obtiendrait nécessairement beaucoup plus, parce que l'ouvrier chargé d'introduire le papier entre les cylindres, et qui reste constamment près de ceux-ci pendant qu'ils fonctionnent, éprouve nécessairement moins de peine et perd moins de temps que lorsqu'il passe des feuilles détachées.

Quand on marche à la manivelle, il est indispensable de placer sur l'arbre des pignons un volant K, assez fort pour régulariser autant que possible le mouvement. Mais lorsque la commande se fait par un moteur continu, ce volant n'est pas utile. Il est préférable même qu'il n'existe pas, afin qu'on puisse interrompre le mouvement aussi rapidement qu'il est nécessaire, ce qui est important dans cette fabrication.

Pression des cylindres. — Les axes des rouleaux en papier, comme ceux des rouleaux en cuivre, sont mobiles dans des coussinets en bronze convenablement ajustés. Les uns sont logés dans les fortes oreilles *b*, venues de fonte avec le bâti, les autres dans des supports en fonte *c*, dressés et posés sur les côtés inclinés des châssis, sur lesquels ils sont retenus chacun par un boulon; mais, afin qu'ils permettent aux rouleaux de cuivre de se rapprocher ou de s'éloigner des rouleaux en papier, on a eu soin de ménager des coulisses dans les châssis, pour que ces supports puissent s'avancer ou reculer.

Comme les cylindres doivent être essentiellement parallèles, afin qu'ils se trouvent constamment en contact sur toute une génératrice, le constructeur a disposé un système de vis de pression qui marchent et agissent simultanément et permettent ainsi de les régler avec toute la précision désirable. Ainsi les deux vis de rappel *d*, qui doivent opérer la pression et qui sont taraudées dans les écrous fixes en fer *e*, portent chacune une roue à denture héliçoïde *f*, que l'on fait engrener avec des vis sans fin *g*, montées vers les extrémités des axes en fer *h*. Les tourillons de ceux-ci sont reçus dans des coussinets à chapeau qui font corps avec les supports mobiles *c*, et ils se prolongent d'un bout pour porter chacun un petit volant *i*, à l'aide duquel on peut les faire tourner.

On peut facilement reconnaître ces divers détails sur les fig. 10, 11, 12 et 13, qui les représentent au 1/6e sous différentes faces. On peut aussi préalablement serrer les vis de rappel *d* par une clef à la main, que l'on ajuste sur la tête qui les termine.

NOTICES INDUSTRIELLES

PROCÉDÉ DE CONSERVATION DES BOIS.

« La conservation des bois résume en elle-même une question de la plus haute importance. MM. Hales, Duhamel, Buffon, Biot, ont indiqué les premiers qu'on pouvait conserver les bois, et ont proposé des moyens à employer pour les rendre inaltérables. Mais parmi les procédés qu'on peut regarder aujourd'hui comme réellement manufacturiers nous décrirons les suivants :

Procédé de M. Boucherie. — Cet industriel a profité de la force végétative des arbres pour appliquer, d'une manière économique, les liquides dont il voulait pénétrer les bois. Dans l'espace de 10 à 12 jours, il fait arriver le liquide au sommet des arbres qui ont 7 à 8 mètres de hauteur ; les feuilles mêmes de ces arbres s'imprègnent avec facilité. On peut arriver à ces résultats sur des arbres encore inhérents au sol, ou sur des arbres abattus. Quand l'arbre est debout, on fait, avec une scie, de chaque côté de l'arbre, deux entailles qui pénètrent jusqu'à une certaine profondeur ; on a soin de mettre une cale à chaque entaille pour que le vent ne puisse renverser l'arbre.

On met ensuite l'intérieur de l'arbre en contact avec le liquide dont on veut l'imprégner. Pour cela, on fixe autour de l'arbre, au-dessus et au-dessous des entailles, une peau en cuir ou en caoutchouc, à l'aide de cordes que l'on serre fortement et en lutant les joints avec de l'argile. On ménage dans cette bande une ouverture pour l'introduction du tube, qui met les entailles en communication directe avec un tonneau plein d'une solution saline. Le liquide ne tarde pas à être aspiré par l'arbre, et à monter jusque dans les extrémités les plus élevées et les plus ténues.

Un autre moyen plus facile consiste à abattre l'arbre, en l'arrachant ou en le sciant (il est nécessaire de séparer les racines du tronc) ; on le dégage aussi presque entièrement de ses branches. Le tonneau contenant le liquide est disposé sur un support très-élevé, afin que la pression le fasse entrer avec plus de facilité et de vitesse ; on le fait aspirer par la base de l'arbre, en prenant les mêmes précautions que ci-dessus.

Procédé de M. Kyan. — En 1842, M. Kyan a proposé un procédé de conservation des bois qui a réussi en Angleterre, et qui a déjà obtenu quelques succès en France. On débite le bois en planches plus ou moin épaisses, on les met dans un bassin renfermant une dissolution de bichlorure de mercure ; on les y laisse s'imbiber pendant 7 ou 8 jours. Après ce temps, on peut réunir ces planches pour en faire des poutres, des charpentes employées dans toutes sortes de constructions.

Procédé de M. Bréant. — Ce chimiste a conçu un appareil qui est bien en faveur aujourd'hui dans plusieurs localités pour la conservation des bois. A l'aide de cet appareil, on comprime l'air renfermé dans les cellules ligneuses et l'on se sert du vide qui se trouve formé pour aider l'aspiration du liquide conservateur. Ce procédé peut s'appliquer surtout aux pièces d'une petite dimension, et il a l'avantage de rendre l'opération plus complète que par les autres méthodes. En effet, les arbres soumis au procédé Boucherie n'absorbent pas le liquide conservateur dans toutes leurs parties, le cœur est rarement imprégné, il n'y a que l'aubier qui le soit parfaitement, et s'il y a des parties qui aient cessé de vivre depuis quelque temps, elles ne seront pas atteintes. Or, les bois ainsi préparés devront être employés en grume ou très-peu équarris, alors ils pourront très-bien résister aux agents extérieurs et à l'attaque des insectes.

Il n'en est pas de même des bois conservés par le procédé de M. Bréant; ils sont imprégnés de liquide dans presque toutes leurs parties, et peuvent se débiter en autant de pièces qu'on le désire. Toutefois les parties du cœur et les parties noueuses, dont l'agrégation est trop grande, ne sont que très-difficilement atteintes; mais l'inconvénient n'est pas grand, car il est rare que le tissu ligneux qui présente une telle cohésion se trouve altéré.

AGENTS CONSERVATEURS DES BOIS.

L'appareil à comprimer l'air contenu dans les cellules ligneuses est venu donner l'idée de tremper les bois dans les liquides chauds et de les faire pénétrer promptement et très-profondément. A l'aide de la chaleur, l'air contenu dans les cellules se dilate et finit par s'échapper pour donner passage au liquide contenu dans la chaudière. C'est ainsi qu'on est parvenu à imprégner diverses sortes de bois avec des dissolutions de galipot, de brai, etc., et à remplir toutes les cavités cellulaires.

L'huile de lin lithargirée a été employée de cette manière avec un plein succès; le bois soumis à ce mode de conservation de M. Bréant est inaltérable dans toutes les circonstances propres à la pourriture.

Le sulfate de fer, sel antiseptique, comme chacun sait, a été souvent employé. Mais M. Bréant a fait observer avec raison qu'on ne doit pas employer ce sel isolément : il arrive quelquefois qu'un peu d'oxyde de fer se combine avec diverses matières organiques contenues dans les cellules, tandis que l'acide sulfurique, devenu libre, agit à la manière ordinaire, en corrodant et en brûlant la matière organisée du bois.

Bien avant qu'on ne songeât à préserver les bois de la putréfaction et de l'attaque des insectes, les poutres et les charpentes employées au milieu des mines de sel ne subissaient aucune altération, et les efflorescences qu'elles présentaient de temps à autre avaient fait dire aux ouvriers que le sel régénérait le bois. Il est très-facile de comprendre ces causes d'inal-

térabilité et d'efflorescence : c'est que, dans les mines de sel gemme, le bois se trouve constamment imprégné de chlorure de sodium; que ce sel est par excellence l'agent conservateur des substances organiques, la base de toutes les *salaisons*. Les efflorescences sont dues aux différences de température qu'éprouve le bois *salé* de la sorte, et à une petite quantité de sulfate de soude contenu dans le sel marin.

Ces observations furent faites d'abord dans les mines de sel gemme de Saltzbourg; depuis, des essais ont été faits dans les salines de Dieuze, et l'on regarde comme certain aujourd'hui que le bois imprégné de chlorure de sodium est parfaitement à l'abri de toute espèce d'altération; néanmoins, on ne peut l'employer à tous les genres de construction, à cause de l'hygroscopie du sel marin. Cette hygroscopie serait peu de chose, si le chlorure de sodium ne contenait pas toujours une petite quantité de sels déliquescents (chlorure de magnésium, de calcium, etc.). Les bois ainsi conservés peuvent être employés dans les constructions des ateliers où la température est constamment élevée.

Le platane imprégné de pyrolignite de fer et poli, offre une fort jolie teinte et bien moirée. En se servant de tannin d'abord, puis de pyrolignite de fer, on obtient de l'encre dans les cellules du bois.

Enfin, par ces procédés on peut, à l'aide de matières colorantes, obtenir des bois qui rivalisent avec les bois étrangers en éclat et en durée.

Ces procédés de conservation trouveront aussi des applications très-importantes dans la construction des chemins de fer, et dans les systèmes de pavages stéréotomiques, dont on a fait des essais dans les principales villes de l'Europe.» *(Chimie organique, par M. Payen.)*

MÉMOIRE SUR LE RÈGLEMENT DES TIROIRS

DANS LES MACHINES A VAPEUR, PAR M. CLAPEYRON.

« Les constructeurs de machines à vapeur ont reconnu depuis longtemps qu'il est inutile de faire en sorte que l'ouverture de la lumière d'introduction et celle d'échappement, au lieu de s'effectuer au moment précis où le piston atteint l'extrémité de sa course, précède ce moment d'une petite quantité; on obtient ce résultat à l'aide d'une légère modification dans la disposition des tiroirs. On a remarqué également que cette disposition a pour effet d'interrompre l'ouverture de la lumière d'introduction de l'autre côté du piston avant la fin de la course, et, par conséquent, de produire une détente. Jusque dans ces derniers temps, on attachait peu d'importance à ce dernier fait; la détente n'avait lieu que dans une faible proportion et n'était envisagée que comme une suite nécessaire de la disposition destinée à remplir l'objet principal énoncé plus haut.

Le but de l'auteur est de développer l'importance de cette dernière circonstance regardée jusqu'ici comme tout à fait secondaire, et dont on

n'avait tiré aucun parti, faute de pousser assez loin l'expansion de la vapeur; il fait voir que par de simples modifications de l'appareil ordinaire, on peut satisfaire aux trois conditions suivantes :

1° Que l'introduction de la vapeur précède la fin de la course du piston d'une quantité donnée;

2° Que l'évacuation de la vapeur précède la fin de la course d'une quantité plus grande, aussi déterminée;

3° Que la détente de la vapeur commence en un point donné de la course du piston.

Il indique une construction géométrique à l'aide de laquelle on détermine d'une manière très-simple les dimensions du tiroir et la position de l'excentrique qui satisfont à cette triple condition. Il arrive alors que la lumière d'échappement se ferme avant la fin de la course du piston, en sorte que, à la pression atmosphérique, la vapeur renfermée entre le piston et le tiroir, se comprime et peut atteindre une pression très-considérable en absorbant une quantité notable de travail mécanique. Cette compression est d'autant plus grande que la détente est poussée plus loin, et paraît, au premier abord, devoir réduire beaucoup le bon effet qu'on en pourrait attendre; l'auteur fait voir que, pour parer à cet inconvénient, il suffit d'accroître le volume compris entre les tiroirs et le piston à fin de la course, de façon à ce que la vapeur comprimée atteigne une pression égale à celle de la chaudière, au moment où la communication s'ouvre avec celle-ci.

Cette disposition a été appliquée par l'auteur, au commencement de l'année 1840, à une des machines locomotives du chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles. Il cite des expériences dans lesquelles cette machine, avec une consommation de combustible à peine égale à celle des machines anglaises les plus fortes, a traîné avec la même vitesse, sur le chemin de fer de Versailles, un poids de 50 pour 100 supérieur à la charge de celles-ci. Cette locomotive, mise depuis cette époque en service régulier, a conservé sa supériorité.

Cette manière nouvelle d'utiliser l'expansion de la vapeur, pour laquelle l'auteur réclame la priorité, a l'avantage de n'exiger aucun mécanisme spécial; elle s'est répandue en Angleterre depuis quelque temps, et l'auteur pense que son utilité peut être regardée comme un fait définitivement acquis à la pratique. » *(Académie des sciences.)*

NOTA. La disposition du système proposé par M. Clapeyron, pour opérer la distribution et la détente dans les machines à vapeur, consiste principalement dans la construction des tiroirs, qui présentent beaucoup plus de recouvrement qu'on ne leur en avait donné jusqu'ici. Nous avons exposé les détails de ce système dans la 3e livraison du IIIe volume de ce Recueil.

SYSTÈME DE BATEAU SANS VIS NI ROUES EXTÉRIEURES,

PAR M. CADIAT.

Cet ingénieur a essayé, il y a quelques années, en Alsace, un système de bateau sans rames ni roues extérieures, en opérant un vide factice, c'est-à-dire en aspirant un certain volume d'eau à l'avant, pour la projeter à l'arrière. Il obtient cet effet au moyen d'une espèce de ventilateur à palettes courbes et à axe vertical, comme un système de turbine horizontale (1).

Ses expériences ont été faites sur un bateau fort simple, construit par des charpentiers en bâtiment, et qui ne remplissait pas les conditions de bonne exécution; en effet, l'eau y pénétrait par les joints et ne tardait pas à le remplir, ce qui obligeait à le vider à la fin de chaque expérience, et il a même fallu renoncer complétement à continuer les essais, tant cet inconvénient devenait grave. On peut donc regarder les résultats obtenus comme les pires qu'on puisse atteindre.

Ce bateau avait

6m60 de longueur totale,
1m40 de largeur
et 0m60 de profondeur.

Des rebords de 8 centimètres avaient été ménagés latéralement au-dessous du fond, comme pour former un chenal à l'eau aspirée à l'avant et successivement amenée à l'arrière. A 2m90 de l'avant du bateau, et à l'intérieur, était placé l'axe d'une turbine à aubes cylindriques et renversées, du système déjà breveté de M. Cadiat. Cette turbine que nous avons appelée ventilateur à axe vertical, comme faisant exactement pour l'eau l'office d'un ventilateur à air, avait

0m75 de diamètre extérieur,
et 0m60 de diamètre intérieur.

Elle était entièrement faite en tôle et portait 12 aubes, dont la hauteur était de 0m11. Le plan horizontal inférieur des aubes se trouvait au niveau même du fond du bateau; son axe descendait plus bas de 8 centimètres pour être supporté par une traverse liée aux deux bords latéraux dont nous venons de parler.

L'auteur voulant, pour ce premier essai, économiser autant que possible

(1) Nous donnons plus loin le dessin et la description de l'une des turbines établies dans plusieurs usines par cet ingénieur.

les frais de construction, crut devoir donner directement le mouvement à la turbine par une roue d'angle placée sur un arbre de couche dont la direction était celle de l'axe du bateau, et qui portait immédiatement à l'autre bout une manivelle pour recevoir l'action de plusieurs hommes. Cette disposition, très-simple sans doute, fut un inconvénient très-grave pour les expériences. En effet, lors du passage de la manivelle à droite ou à gauche du bateau, les hommes s'appuyaient tantôt plus, tantôt moins, sur chaque bord; il en résultait un roulis qui s'augmentait encore du poids de l'eau qui pénétrait dans le bateau et qui passait alternativement de babord à tribord.

« Ce dernier inconvénient, nous dit M. Cadiat, qui aurait pu être évité par une autre direction donnée à l'arbre manivelle, joint à la défectuosité du bateau, m'a fait renoncer à continuer les expériences, sans renoncer toutefois à les renouveler sur une plus grande échelle. »

Comme nous venons de le dire, la turbine était renversée et les canaux, non fermés par dessous, étaient pratiqués sous le bateau, pour amener l'eau à la turbine ou pour la rejeter en arrière; ils étaient d'ailleurs disposés de telle sorte, qu'en faisant tourner la turbine elle aspirait l'eau à l'avant du bateau; cette eau passait de l'intérieur à l'extérieur de la roue, et par la puissance de celle-ci, elle s'élevait dans le bassin formé autour de l'appareil, à une hauteur plus grande que celle du niveau extérieur; c'est par suite de cette différence de niveau que l'eau, continuellement élevée par la turbine, s'écoule vers l'arrière, en remplissant le vide que le bateau, qui s'avance évidemment, laisse derrière lui.

La marche du bateau est nécessairement due non-seulement au vide que la turbine creuse devant lui, et dans lequel il s'élance, mais encore à la réaction de l'eau refoulée à l'arrière, en raison de l'excès de hauteur.

Un fait bon à noter, c'est que, dans toutes les expériences faites sur ce nouvel appareil, dans le canal de l'usine de Reichshoffen, malgré le roulis du bateau, celui-ci s'avançait dans l'eau tranquille sans produire aucun sillage. Le peu de mouvement, ou plutôt l'absence de mouvement communiqué à l'eau, démontre que la quantité de force vive, qui, dans les autres systèmes, est employée à mettre inutilement en mouvement toute l'étendue de l'eau qui avoisine le bateau, est, dans celui de M. Cadiat, entièrement employée à opérer sa marche.

SUR LA COMPOSITION DES GAZ DES HAUTS-FOURNEAUX,

EXPÉRIENCE DE M. EBELMEN.

Haut-fourneau de Clerval (Doubs). — L'auteur a examiné les gaz de ce haut-fourneau, lorsqu'il marchait au charbon de bois, avec un air chauffé de 175° à 190°, s'échappant d'une buse de 0m65 de hauteur, sous une pression de 0m015 à 0m018 de mercure.

Gaz pris a ras du gueulard. — Les gaz, dépourvus d'oxygène libre, étaient représentés, terme moyen, par :

Acide carbonique..............	12,88
Oxyde de carbone..............	23,51
Hydrogène....................	5,82
Azote........................	57,79

Quant à la vapeur d'eau correspondante à 100 volumes de gaz sec, elle variait de 14,38 à 9,42 volumes, suivant que les gaz étaient puisés lorsque la charge du fourneau s'élevait au niveau du gueulard, ou qu'elle se trouvait au-dessous.

La proportion de l'hydrogène et celle de l'azote étaient à peu près constantes.

La somme des volumes du gaz acide carbonique et du gaz oxyde de carbone était constante ; mais il y avait quelque variation dans leur proportion respective.

Gaz pris dans l'intérieur de la cuve. — M. Ebelmen, en analysant des gaz puisés à 1m33, 2m67, 4m00 et 5m33 du gueulard, a vu :

1° Que de 1m33 à 2m67, la proportion de vapeur d'eau diminue rapidement, tandis que les autres principes du mélange sont en proportions peu différentes ;

2° Que de 2m67 à 5m67, la proportion de l'oyde de carbone augmente, celles de l'acide carbonique et de l'hydrogène diminuent.

Gaz pris au bas de la cuve ou au sommet des étalages. — Leur composition doit fixer l'attention, d'abord à cause de sa constance, et ensuite par l'absence de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau ; ils sont représentés par :

Oxyde de carbone............	35,01
Hydrogène..................	1,92
Azote......................	63,07

Il faut remarquer que l'oxygène, excédant la quantité d'oxygène atmosphérique qui est donnée par l'azote dont la quantité reste invariable, a diminué en allant du gueulard au bas de la cuve, de 10 à 1 : il faut donc que le minerai ait perdu de l'oxygène dans la cuve.

Gaz pris au bas des étalages. — Leur composition n'a pas la constance de celle des gaz précédents ; elle est moyennement de :

Acide carbonique............	0,31
Oxyde de carbone............	41,59
Hydrogène..................	1,42
Azote......................	56,68

GAZ PRIS SOUS LA TYMPE, UN PEU AU-DESSUS DE LA TUYÈRE. — Les gaz étaient formés de :

Oxyde de carbone	51,35
Hydrogène	1,25
Azote	47,40

On voit que l'oxygène de l'oxyde de carbone excède, d'une quantité notable, l'oxygène atmosphérique représenté par l'azote, et celui provenant d'une décomposition d'eau représentée par 1,25 d'hydrogène. On peut déjà remarquer : *l'absence de tout acide carbonique dans la colonne ascendante prise à peu de distance de la tuyère.*

GAZ PRIS A L'OUVERTURE DE LA TUYÈRE. — Ces gaz ne présentent que de l'air atmosphérique dont quelques centièmes d'oxygène ont été convertis en acide carbonique.

Il est bien important de remarquer, d'après l'analyse des gaz puisés par l'ouverture de la tympe, que *l'acide carbonique est rapidement changé en oxyde de carbone, sous l'influence du charbon en excès, et de la haute température développée dans le voisinage de la tuyère.*

HAUT-FOURNEAU D'AUDINCOURT. — Ce fourneau marchait au charbon et avec du bois qui représentait, en pouvoir calorifique, le tiers de son volume de charbon. M. Ebelmen s'est assuré que le bois qui séjournait 7/4 d'heure à 3 mètres de profondeur du gueulard, dans la cuve de ce fourneau qui a 8 mètres de hauteur, y conservait son aspect, et que le minerai qu'on y avait mêlé y conservait son humidité, tandis qu'à 1 mètre au-dessous, c'est-à-dire à 4 mètres du gueulard, une exposition de 3 heures 1/4 réduisait le bois en charbon parfait et le minerai en oxyde magnétique.

L'analyse des gaz du haut-fourneau d'Audincourt s'accorde parfaitement avec celle des gaz du haut-fourneau de Clerval, sauf que, dans la moitié supérieure de la cuve d'Audincourt, les gaz contenaient à peu près deux fois plus de vapeur d'eau, conséquence toute simple de l'emploi du bois qui se dessèche dans cette partie du fourneau; enfin, que les gaz renfermaient de l'acide acétique et des oxy-carbures ou carbures d'hydrogène condensables par l'acide sulfurique ; mais il était remarquable que l'hydrogène qui s'échappait à la condensation de cet acide était pur de tout carbone ; il ressemblait donc, par son état chimique, au gaz d'un haut-fourneau chauffé exclusivement avec le charbon.

Enfin, l'auteur s'est convaincu d'un fait important, c'est que *l'oxygène atmosphérique, un peu au-dessus de la tuyère, se retrouve dans l'acide carbonique et l'oxyde de carbone produits, de sorte qu'il faut reconnaître que, dans cette partie du fourneau, il ne se brûle pas de quantité notable de fer sous l'influence de la chaleur et de l'air.*

GAZ DES CUBILOTS. — M. Ebelmen s'est aussi assuré que dans un cubilot de 1^m67 de hauteur, marchant au coke, les gaz puisés à 0^m1 de profondeur du gueulard, ont donné :

Acide carbonique..........	12,11
Oxyde de carbone..........	11,98
Hydrogène................	0,95
Azote....................	74,96

D'où il suit que la colonne de coke n'est pas suffisante pour convertir tout l'acide carbonique en oxyde de carbone, et qu'il y a, en outre, une certaine quantité d'oxygène qui se porte sur le fer et le scorifie, résultat bien différent du précédent.

EFFETS CALORIQUES RÉSULTANT DE LA COMBUSTION DES GAZ.

HAUT-FOURNEAU DE CLERVAL. — Les quantités de chaleur développées par minute, en brûlant les gaz supposés secs, seraient :

	au gueulard,	8849, 5	calories, donnant	1360 deg. cent.
à 2ᵐ 67	au-dessous,	8483, 2		1462
à 4ᵐ 00		9484, 0		1637
à 5ᵐ 33		10765, 0		1826
à 5ᵐ 67		10249, 0		1832

HAUT-FOURNEAU D'AUDINCOURT. — On aurait :

	au gueulard,	13910	calories, donnant	1298 deg. cent.
à 3ᵐ 33	au-dessous,	13923		1693
à 4ᵐ 33		14990		1732
à 5ᵐ 50		14529		1850
à 6ᵐ 67		16080		1850
à 8ᵐ 04		15084		1877

M. Ebelmen arrive à ce résultat remarquable, que les gaz combustibles qui se trouvent dans la colonne ascendante à la sortie du gueulard, renferment une quantité de combustible qui, dans le haut-fourneau de Clerval, représente 62 de chaleur, et dans le haut-fourneau d'Audincourt en représente 67, le combustible employé en représentant 100. Ainsi, l'effet utile du combustible consommé dans le haut-fourneau d'Audincourt est réduit au tiers de sa valeur réelle.

(*Académie des sciences.*)

RAPPORT SUR LE MÉMOIRE DE M. POLONCEAU,

Relatif au Chemin de fer de Strasbourg à Bâle,

PAR MM. ALBERT SCHLUMBERGER, CHARBONNIER, JACQUES KOECHLIN, JOSUÉ HEILMANN (1).

M. Polonceau commence par déplorer que la France soit encore tributaire de l'Angleterre pour ses besoins en machines locomotives, et cela au moment où l'on se prépare à exécuter les grandes lignes de chemins de fer. Il regrette que MM. les ingénieurs, ne tenant compte ni de la position difficile de nos établissements de construction, ni des efforts et des sacrifices qui ont été faits par plusieurs d'entr'eux pour lutter dans cette partie avec nos rivaux, aient été récemment encore chercher leurs machines en Angleterre.

Il attribue cet état de choses à la voie d'innovation dans laquelle la plupart de nos constructeurs seraient entrés : dès lors, MM. les ingénieurs ne pouvaient pas, dit-il, compromettre leurs compagnies, en leur procurant des machines dont le résultat était incertain.

« Heureusement, ajoute M. Polonceau, le constructeur chargé de l'exé-« cution de la première grande ligne de chemin de fer en France, a donné « un exemple hardi de confiance en notre industrie, et a commandé ses « locomotives à des constructeurs français, qui, suivant l'exemple de la « Belgique, ont eu la sagesse d'adopter sans modification et de copier sim-« plement un des meilleurs modèles anglais. »

M. Polonceau parle ensuite de travaux de réparation et d'améliorations qu'il a fait entreprendre sur ces machines, sans rien changer à leur système; et il attribue à ces réparations, comme aussi aux instructions données aux machinistes sur la manière de conduire, de soigner et d'entretenir leurs machines, la grande économie de combustible qu'il a obtenue, et qui est consignée dans son mémoire au moyen de plusieurs tableaux synoptiques.

Le premier de ces tableaux montre la décroissance mensuelle des chiffres en moyenne, du combustible consommé par kilomètre parcouru depuis 1841. Ce tableau, qui comprend 19 mois, donne pour chiffre maximum et premier en date, kilog. 12,78, et pour minimum et dernier, 6,43.

Un second tableau montre en détail dans quelle proportion, pendant la même époque, l'assortiment de 20 à 25 machines est arrivé, de la plus forte consommation à la plus faible. En janvier 1842, par exemple, 20 machines consommaient au-dessus de 11 kilog. par kilomètre, et 1 au-dessous de 11 kilog.; tandis qu'en juillet 1843, 7 machines consommaient au-dessous de 8 kilog., 10 machines au-dessous de 7 kilog., 1 machine au-dessous de 6 kilog., et 2 machines au-dessous de 5 kilog.

(1) Tome XVIII, n° 87 du *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.*

Cette décroissance aurait suivi exactement la marche des réparations, secondée par l'habileté croissante des machinistes.

Un 3e tableau montre 4 machines en particulier, avec leur consommation : 1° avant les réparations ; 2° celle immédiatement après, et 3° celle actuelle. D'après ce tableau, l'une de ces machines, *la Flèche*, construite dans les ateliers de MM. André Kœchlin et Cie, serait, en juillet 1843, arrivée de 12,31 kilog. à 4,79 kilog.

Pour stimuler le zèle des machinistes, M. Polonceau a institué une prime pour le coke qu'ils pourraient économiser sur un chiffre fixé pour chacune des machines, ce qui avait réussi sur d'autres chemins de fer. Cependant, il ne pense pas que ce moyen ait grandement influé sur les économies obtenues, ce qu'un 4e tableau tend à démontrer, et dans lequel sont mises en vue deux époques, l'une avec la prime en vigueur, et l'autre avant qu'on l'ait accordée.

Dans un 5e tableau, on compare entre elles les consommations des deux premiers semestres de 1842 et 1843. Il en résulterait qu'en moyenne, le chiffre de 11,45 kilog. par kilomètre, est descendu à 7,90 kilog., produisant une économie de 30 p. 0/0.

Enfin, pour prouver d'une manière plus particulière encore les économies obtenues, l'auteur ajoute, en trois tableaux, la consommation moyenne de chacune des machines, pendant les mois de mai, juin et juillet derniers. Dans celui du mois de juillet, nous remarquons, outre *la Flèche*, déjà citée avec un chiffre de 4,79 kilog., *la Comète*, aussi de MM. André Kœchlin et Cie, avec une consommation de 4,84 kilog.

Les consommations moyennes de ces trois mois sont :

En mai	7,29 kil.
En juin	7,03
En juillet...............	6,43

Tous ces chiffres comprennent non-seulement le coke brûlé pendant la marche, mais aussi celui qui est employé à l'allumage des machines et celui qu'elles brûlent pendant les stationnements et pour se tenir en réserve.

L'auteur, en comparant la consommation de combustible sur les chemins belges, nous apprend que là, une prime est accordée aux machinistes, sur un chiffre qui s'approche du maximum des consommations premières en Alsace, c'est-à-dire, sur 12 kil., 37 pour une machine semblable à *la Flèche*.

M. Polonceau, en terminant, ajoute que la plupart de ces machines sont conduites et entretenues par des machinistes et ouvriers français ; qu'elles sont la plupart aussi copiées de celles de MM. Sharp, Roberts et Cie, de Manchester, système auquel il donne la préférence ;

Que 29 machines suffisent pour le service, tandis que, comparé à l'assor-

timent qui dessert le chemin d'Orléans, il en faudrait 38 1/2. Le peu d'accidents arrivé sur notre chemin d'Alsace est, selon M. Polonceau, une nouvelle preuve de la bonté des machines employées.

Enfin, l'expérience est faite sur la plus grande ligne actuellement en France, dit-il, et sur des machines ayant déjà trois années de service.

A cette occasion, plusieurs membres du comité, faisant partie de la maison J.-J. Meyer et Cie, et M. Meyer lui-même, ont cru devoir élever les réclamations suivantes : C'est la première machine, *l'Espérance*, munie d'une détente variable, qui l'avait emporté dans le concours, en octobre 1842. Elle n'avait brûlé, en moyenne générale, y compris l'allumage à Mulhouse et celui à Kœnigshoffen, que 5,38 kil. de coke par kilomètre, en remorquant un convoi de 76 tonnes. Cette consommation était la plus faible à laquelle on était parvenu alors. *La Comète*, avec laquelle elle luttait ce jour, était sans aucune détente, et brûlait 8,03 kil., en remorquant un convoi de 78 tonnes. A la même époque, la consommation moyenne, sur le chemin de fer d'Alsace, était de 10 kil., conformément au tableau de M. Polonceau.

Ce résultat avait éveillé l'attention de toutes les compagnies de chemins de fer, sur le continent et en Angleterre; et c'est depuis cette époque, que l'on a partout redoublé d'efforts pour se rapprocher d'une pareille économie.

M. Meyer offrait de fournir à la Société tous les renseignements nécessaires, particulièrement ceux sur leur détente variable. Il pensait que la commission qui serait nommée pour examiner le mémoire de M. l'ingénieur, ne pourrait pas à cette occasion, passer sous silence ce qui avait rapport aux machines de leur construction.

Le rapport donne une description sommaire des machines locomotives. Nous croyons devoir la supprimer, en priant nos lecteurs de se reporter à la 3e livraison du IIIe vol., dans laquelle nous avons décrit une de ces machines d'une manière complète. Ils pourront voir également la description de la nouvelle locomotive à détente variable de M. Stephenson, 1re liv., tom. IV, page 315.

(*Voir la suite, et les locomotives successivement décrites dans les tomes V, VI, VII, VIII et XI.*)

POMPES A EAU

ÉTABLIES A BORD DES BATEAUX A VAPEUR

PAR

M. PAUWELS, constructeur à Paris

(PLANCHE 24)

Tous les bateaux à vapeur, en général, construits pour la marine de l'État, comme pour le commerce, lors même qu'ils seraient d'une faible puissance, doivent être munis d'une pompe d'épuisement qui est mise en mouvement par le moteur, et qui a principalement pour but d'épuiser sans cesse l'eau que fait le navire, ou celle que le service des machines et des chaudières amène à la cale; elle peut encore, dans quelques circonstances, servir, au besoin, en cas d'incendie.

Une telle pompe ne peut évidemment suffire, car lorsque les machines ne fonctionnent pas, elle cesse elle-même d'agir. Il faut de toute nécessité avoir recours à une pompe accessoire marchant à bras, non-seulement pour effectuer l'épuisement des voies d'eau, ou pour les cas d'incendie, mais encore pour pouvoir remplir les chaudières, dans lesquelles le niveau d'eau est souvent au-dessus de celui de la mer, et dont il importe alors d'achever l'alimentation.

Cette pompe additionnelle, que l'on appelle tantôt *pompe à quatre fins*, tantôt *pompe à bras* ou *à incendie*, sert encore à lancer l'eau sur le pont du navire, lorsqu'on veut le nettoyer; elle n'a évidemment pas besoin d'être disposée de manière à marcher par les machines, par cela même qu'elle ne doit fonctionner que dans des cas accidentels, et qu'elle remplit d'ailleurs plusieurs conditions différentes.

La forme et la dimension de ces pompes varient nécessairement, suivant l'importance des navires à bord desquels elles doivent être placées. Celle à quatre fins, représentée au 1/8e d'exécution sur les premières figures du dessin (pl. 24), fait partie d'un appareil de 220 chevaux, construit par M. Pauwels. Celle d'épuisement, représentée sur les dernières figures de

la même planche, est de la dimension adoptée pour les appareils de 160 chevaux, tel que celui qui a été précédemment décrit dans ce Recueil. Avant de donner la description de ces pompes, nous croyons qu'il ne sera pas sans intérêt de dire quelques mots du bel et grand atelier de construction que M. Pauwels a fait établir à Paris, pour l'exécution des machines à vapeur de grande puissance, de terre et de mer, et celle des locomotives.

Cet établissement, dirigé aujourd'hui par M. Boutevillain, s'est successivement accru au point qu'il se met en première ligne avec ceux de MM. Cavé, Cail et Cie, Gouin, Schneider, etc. Il est traversé, dans presque toute son étendue, par une voie de fer, sur laquelle on fait rouler des chariots qui transportent rapidement d'une extrémité à l'autre les grosses pièces à travailler ou terminées. Il est divisé en plusieurs parties, savoir :

1° L'atelier des tours et machines-outils, dans lequel on remarque de forts tours parallèles, des machines à percer et à aléser verticalement, des machines à mortaiser très-puissantes, des machines à raboter, dont une, construite à l'atelier même, n'a pas moins de 10 mètres de longueur sur plus de 3 mètres de largeur; dans cette machine, le porte-outils est mobile et présente l'avantage de marcher dans toutes les positions possibles; son bâti, établi très-solidement sur le bord d'une fosse profonde, permet de placer des pièces très-hautes pour être rabotées sur leur surface supérieure. On remarque aussi dans cet atelier une belle et solide machine à aléser verticalement les grands cylindres. Une machine à vapeur de 30 chevaux, à détente variable, pouvant se régler pendant qu'elle fonctionne, sert à faire marcher tous les outils. Les bancs d'ajusteurs sont rangés latéralement de chaque côté. Au-dessus de cet atelier se trouvent la salle de dessin et celle des modèles.

2° L'atelier des forges, qui sont en grand nombre, et dont l'une est accompagnée d'un fort martinet pour le forgeage des grosses pièces, telles que les arbres, les manivelles, les bielles et traverses des machines de la marine. M. Pauwels est sur le point d'établir cet atelier sur une plus grande échelle et d'y monter un second martinet.

3° L'atelier du montage de ces grandes machines. Cet atelier est assez grand pour y recevoir à la fois quatre appareils de 220 et même de 450 chevaux. Il est desservi par deux grues mobiles, qui sont réellement remarquables par leurs dispositions : elles reposent chacune, par le bas, sur un chemin de fer, et à leur partie supérieure elles sont munies de deux chariots, dont l'un permet de la faire marcher dans le sens de la longueur du bâtiment, et l'autre marche dans une direction transversale. Cette disposition, qui est due à M. Pauwels, est d'autant plus heureuse, qu'elle permet de parcourir toute l'étendue de l'atelier, sans occasionner le moindre embarras, et comme le mouvement des chariots peut s'effectuer du bas, par une communication qui est établie à la partie inférieure des grues, on conçoit qu'elles sont d'un service extrêmement commode et facile.

4° L'atelier de la chaudronnerie, pour la confection des chaudières. Nous y avons remarqué des machines à percer et à couper la tôle, dont une marchant par moteur à vapeur, des mandrins pour courber les tôles à chaud, des fours pour les recuire. On s'occupe d'y monter aussi une forte machine propre à les cintrer.

5° L'atelier des locomotives. Plusieurs y ont été construites, ainsi que leurs tenders, pour le compte du gouvernement. M. Pauwels, cherchant à simplifier le mécanisme de distribution dans ces machines, communique directement le mouvement des excentriques aux tiroirs, qui sont alors placés verticalement dans une boîte commune; nous nous proposons d'en rendre compte.

6° L'atelier des modèles, et celui des machines à tailler les engrenages que M. Pauwels a acquises de M. Cartier. Ces ateliers sont provisoirement dans le même emplacement que celui des locomotives.

DISPOSITION DE LA POMPE A QUATRE FINS.

PLANCHE 24.

Les pompes à bras établies dans les bateaux à vapeur sont à simple ou à double effet. Ce dernier système doit être plus généralement préféré, c'est aussi celui que M. Pauwels a adopté pour les grands appareils qu'il exécutait; il y a apporté plusieurs perfectionnements qui en rendent la construction simple et commode, et qui en facilitent surtout la manœuvre. La disposition qu'il a conçue pour le jeu des clapets est très-heureuse, et permet de les vérifier avec facilité. Le robinet à deux eaux, d'une conception analogue à celui d'un bateau de 120 chevaux, de Miller, et appliqué dans *le Sphinx*, de Fawcett, est fort bien entendu; placé d'une manière symétrique au milieu même de l'appareil, il peut être à la portée du mécanicien ou du conducteur chargé de diriger la manœuvre de la pompe.

Les pistons sont des plongeurs creux en cuivre, dont les bielles s'adaptent à un même balancier, que l'on peut mettre en mouvement de dessus le pont du navire par une brimbale et des tringles convenablement guidées dans leur longueur.

Les fig. 1, 2 et 3 de la planche 24, peuvent aisément faire comprendre la disposition entière de cette pompe. La fig. 1 la montre en plan vu au-dessus du balancier; la fig. 2 la fait voir coupée par l'axe des deux corps, parallèlement au balancier, suivant la ligne 1-2, et la fig. 3 en est une section transversale, faite suivant la ligne brisée 3-4-5-6-7-8-9-10.

De la caisse et des corps de pompe. — La pièce principale de cet appareil, celle la plus difficile à exécuter, est la caisse en fonte A, qui, d'une part, forme la base des deux corps de pompe, et qui, de l'autre, porte les siéges des clapets d'aspiration et de sortie, et de plus à son centre le robinet régulateur. Dans son intérieur sont donc ménagées les cloisons

et les ouvertures nécessaires, soit pour établir, soit pour intercepter la communication entre les diverses parties, tout en laissant aux conduits la section suffisante pour qu'il n'y ait pas d'étranglement. Cette caisse se fixe solidement par des boulons près des machines à vapeur, et sur les carlingues même du navire.

Les deux corps de pompe B reposent par leur base carrée sur les deux côtés peu élevés de cette caisse, et y sont assujétis par quatre boulons. Ces corps sont en fonte, alésés avec soin dans toute leur hauteur, pour recevoir les pistons, qui sont eux-mêmes tournés exactement à leur diamètre, afin qu'ils soient bien guidés pendant toute leur course. Une boîte à étoupes est ménagée au sommet élargi de chaque corps, et simplement fermée par un bouchon en fonte C, alésé et tourné, que deux boulons *a* serrent à propos.

Des clapets et de leur siége. — Comme la pompe est à double effet, la caisse renferme quatre clapets en bronze, dont deux, *b*, *b'*, placés à la partie inférieure, servent à l'aspiration, et les autres, *c*, *c'*, placés à la partie supérieure, servent à la sortie. Ces clapets, de même forme et de même dimension, ont une garde circulaire qui permet de les tourner et de les roder sur leurs siéges, dont la face peut être également dressée. Ils offrent ainsi la même facilité d'exécution et d'entretien que les soupapes circulaires, tout en laissant, à diamètre égal, une plus large section pour le passage de l'eau.

Leur siége *d* est aussi en bronze, de forme cylindrique, renforcé à l'extérieur par des oreilles que traverse un boulon tourné qui sert de charnière au clapet. La base est rectangulaire, et se trouve serrée seulement par deux clavettes sur un cuir qui forme ainsi le joint parfait, très-facile à déplacer et à replacer; ce qui rend, par suite, la visite et les réparations extrêmement simples et commodes. L'un des clapets et son siége sont représentés en plan et en élévation sur le détail (fig. 5).

Pour pouvoir visiter l'intérieur de la caisse, au besoin, le constructeur a eu le soin de ménager sur la face antérieure de la pompe, en regard de chacun des clapets, des ouvertures rectangulaires qui n'ont pas moins de 0m 12 de longueur sur 0m 10 de hauteur. Deux couvercles de fonte D sont disposés pour fermer en même temps deux de ces ouvertures, ils ont alors chacun 0m 37 de longueur, sur 0m 17 de large; ils sont renforcés par des nervures qui se rencontrent à angle droit et se terminent par des oreilles pour être traversés par des boulons qui les assujétissent contre la caisse, dans laquelle ils entrent à feuillure. Ces boulons sont taraudés dans des renflements demi-circulaires venus de fonte avec la caisse, et correspondant exactement aux oreilles des couvercles sur lesquels on fait opérer la pression des écrous.

Du robinet a deux eaux. — Au centre même de la caisse, entre les deux corps de pompe et les deux jeux de clapets, est disposé le robinet distributeur E, fondu en bronze et tournant dans une enveloppe de cuivre

rapportée et fixée par quatre goujons dans le boisseau F, formée avec la caisse même. (Voyez le détail en coupe verticale par l'axe du robinet, sur la fig. 4.)

L'objet de ce robinet est de mettre à volonté l'une quelconque des deux tubulures G et H, qui sont aussi venues de fonte avec la même caisse, en communication avec les clapets d'aspiration *b*, *b'*, tandis qu'il fait communiquer l'autre avec les clapets d'évacuation *c*, *c'*, et réciproquement. Il résulte de cette disposition que le sens d'entrée et de sortie du liquide peut être renversé, en faisant faire au robinet un quart de révolution sur lui-même; parce qu'alors la tubulure qui amenait l'eau aspirée devient tuyau d'expulsion, ou réciproquement. Ce robinet se manœuvre au moyen d'une clef coudée en fer forgé *e*, qui est ajustée sur sa tige carrée; il est retenu dans son boisseau par une bride ou rondelle en fer et deux boulons à écrous, taraudés contre la caisse.

L'une des tubulures, celle H par exemple, porte un tuyau qui prend l'eau à la mer, et qui est muni d'un robinet ordinaire, que l'on ouvre au besoin. Le tuyau de la seconde tubulure se bifurque vers la partie où il porte un robinet à deux ouvertures qui permet de le mettre en communication soit avec les chaudières, soit avec la cale du navire.

Ainsi le jeu du robinet distributeur E, de la pompe et des deux robinets accessoires montés sur les tuyaux précédents, permet de remplir les conditions suivantes :

1° De prendre l'eau de la mer, et de l'envoyer soit aux chaudières, soit à la cale;

2° De prendre l'eau soit à la cale, soit aux chaudières, pour la jeter à la mer.

Des pistons et de leur mouvement. — Chaque corps de pompe renferme un *plunger* ou piston creux en bronze I et I', d'un centimètre d'épaisseur, fermé à sa base inférieure et ouvert par le haut. Le diamètre extérieur de ces pistons est de 0^m16, leur section est donc de 201 centimètres carrés; comme leur course est de 0^m30, il en résulte qu'à chaque oscillation double du balancier qui doit les mettre en mouvement, ils engendrent ensemble un volume de

$$2 \times 0{,}201 \times 0{,}30 = 0^{m.c.}01206$$

soit environ 12 litres ou décimètres cubes.

Et si l'on admet que les hommes qui sont chargés de la manœuvre de cette pompe puissent lui faire donner 25 doubles coups par minute, le volume d'eau théorique, aspiré et refoulé, serait par conséquent de

$$25 \times 12 = 300 \text{ litres.}$$

A la base de chacun des pistons sont fixés par un écrou des pitons en fer *f* auxquels s'adaptent, par articulation, les bielles pendantes JJ', qui

servent à les suspendre au balancier K, auquel elles s'assemblent de même. Ainsi en donnant à celui-ci un mouvement alternatif, les bielles le communiquent à leurs pistons, et comme par la disposition qu'on leur a donnée, elles conservent une assez grande longueur, elles ont par cela même peu d'obliquité dans le tirage, de sorte que les pistons déjà bien guidés dans leur corps de pompe, suivent une direction parfaitement verticale, sans forcer leur boîte à étoupes et sans s'ovaliser. Les têtes de ces bielles sont à fourche comme l'indique le détail fig. 6.

Le balancier K, est en fer forgé, renflé à son milieu, où il est traversé par un fort boulon *g*, qui lui sert de point d'appui et de centre d'oscillation; il est également renflé aux points d'attache des deux bielles pendantes, et vers les extrémités; il se termine, à chaque bout, par des tourillons sur lesquels sont ajustées des douilles sphériques en fer *h*, auxquelles on adapte des tringles verticales semblables à celles que l'on voit, en partie, en L sur le dessin (fig. 2). Ces tringles qui sont aussi en fer forgé, s'élèvent jusqu'au-dessus du pont du navire, où elles se relient à une brimbale que des hommes mettent en mouvement.

Le fort boulon *g*, est ajusté dans deux parties élevées qui surmontent la cloche ou récipient d'air M, avec lequel elles sont fondues. Celui-ci, d'une forme cylindrique terminée par une hémisphère, a sa base rectangulaire boulonnée sur la grande caisse A. Un tuyau de fonte N, vient s'assembler sur l'une de ses faces latérales, et s'élève jusque sur le pont, soit pour laver celui-ci, soit pour servir contre l'incendie.

On comprend maintenant qu'une telle pompe ainsi construite, doit être très-utile, et on peut le dire tout à fait indispensable, dans les navires à vapeur.

Jeu de la pompe. — Si l'on a bien compris la disposition générale de cette pompe, il n'est pas difficile de concevoir le jeu des diverses parties mobiles qui la composent. Que l'on suppose, par exemple, que le robinet distributeur soit placé comme l'indique le dessin (fig. 2), et que les pistons soient en activité et dans la direction des flèches, il est évident que l'eau de la mer, venant par le tuyau adapté à la tubulure H, et aspirée par le piston ascendant I, suivra la marche de celui-ci, en faisant ouvrir le clapet inférieur *b*, tandis que le piston descendant I′ refoulera toute celle qu'il avait primitivement aspirée, et qui est obligée de s'élever dans la caisse, en suivant la direction des flèches dessinées sur la droite, et en faisant ouvrir le clapet supérieur *c′*, pour de là s'élever dans la cloche ou récipient H et redescendre ensuite dans la tubulure G, en traversant le robinet distributeur. Lorsqu'au contraire, les deux pistons changeront de direction, que le premier descendra pendant que le second remontera, les deux premiers clapets *b* et *c′* qui sont ouverts, se fermeront, et par suite les deux autres *b′* et *c* s'ouvriront à leur tour, et ainsi de suite. Il serait aussi facile de comprendre le résultat que l'on obtiendrait, si on changeait la direction du robinet distributeur.

DESCRIPTION DE LA POMPE D'ÉPUISEMENT.

La pompe d'épuisement d'une construction plus simple que la précédente, ne remplit pas, comme celle-ci, autant de conditions. Son objet, comme nous l'avons dit, est principalement d'épuiser l'eau que pourrait faire le navire. Celle dont nous donnons le dessin est appliquée dans tous les appareils de 160 chevaux, construits pour la marine nationale. On la voit représentée, au cinquième d'exécution, en plan sur la fig. 7 de la pl. 24, et en coupe verticale (fig. 8) passant par le milieu du corps de pompe et des soupapes, suivant la ligne 11-12.

Elle se compose d'une caisse prismatique en fonte O, que l'on assujétit sur le fond du navire par des boulons à écrous. D'un côté elle porte une tubulure *m* à laquelle s'adapte le tuyau d'aspiration destiné à prendre l'eau de la cale; et de l'autre une tubulure semblable *n*, mais plus élevée que la première, et à laquelle s'assemble le tuyau qui s'élève le long du vaigrage, jusque vers la ligne des baux du pont, pour amener l'eau sur celui-ci ou l'envoyer à la mer. Cette caisse porte aussi à son milieu le corps de pompe P, et de chaque côté les siéges des soupapes d'aspiration et de sortie.

Le corps de pompe est un cylindre en fonte, alésé intérieurement et terminé par une base rectangulaire pour se fixer par quatre boulons sur la partie supérieure de la caisse. Dans son intérieur se meut un piston en fonte Q, évidé en gorge sur sa circonférence, pour recevoir une tresse de chanvre qui en forme la garniture. Au fond de ce piston est aussi fixé, par un écrou, un piton en fer *o* auquel s'agrafe la bielle en fer forgé R, qui le suspend à l'un des balanciers de la machine à vapeur, afin qu'il en reçoive directement son mouvement.

Mais afin de pouvoir interrompre ce mouvement à volonté, la partie supérieure de la bielle est disposée de manière qu'on puisse facilement la décrocher du manneton *p* (fig. 9), qui la tient liée au balancier. A cet effet, l'encoche demi-circulaire dans laquelle se loge ce manneton, est couverte par une bande méplate *q* en fer forgé (fig. 10) qui, d'une part, est retenue par une petite équerre en fer *r*, et de l'autre par une vis à tête elliptique *s*. Une coulisse rectangulaire est pratiquée dans cette pièce, afin qu'on puisse la soulever verticalement sans retirer la vis ni l'équerre. Or, lorsqu'elle est soulevée, la bielle peut facilement se décrocher du manneton, par conséquent le mouvement de la pompe est interrompu; pour la remettre en marche, il suffit d'engager l'encoche de la bielle sur le manneton, et de faire redescendre immédiatement la platine *q*.

Dans cette pompe on a disposé, pour fermer les ouvertures d'entrée et de sortie, des soupapes coniques en cuivre *t* et *t'*, toutes deux posant sur des siéges *u* et *u'*, également en cuivre, et fixés sur les cloisons horizontales intérieures qui sont venues de fonte avec la caisse O. Pour guider et

maintenir ces soupapes dans la ligne d'axe suivant laquelle elles doivent se mouvoir, elles portent chacune une petite tige cylindrique ajustée exactement au centre de leur siége. Et pour limiter leur course, elles buttent contre un simple boulon à T, dont la branche horizontale *v* s'appuie à l'intérieur de la caisse, comme le montre la coupe verticale fig. 8. La tige verticale de ces mêmes boulons se prolonge jusqu'au-dessus des couvercles en fonte S, qui ferment hermétiquement les chapelles formées au-dessus de ces soupapes, et qui permettent, en élevant les écrous qui les retiennent solidement reliées sur la caisse, de visiter l'intérieur afin de reconnaître si les soupapes fonctionnent bien ou si elles ont besoin de réparation. (L'une de ces soupapes est vue en coupe par l'axe et en plan sur la fig. 11.)

Le jeu d'une telle pompe est plus facile à comprendre encore que celui de la précédente ; il suffit de savoir que, pendant l'ascension du piston l'eau aspirée, arrivant par la tubulure *m*, et faisant ouvrir la première soupape *t*, traverse son siége *u*, et passe par l'ouverture rectangulaire *x*; et lorsque le piston descend, elle est refoulée par celui-ci, et s'échappe par la seconde ouverture *x'*, traverse le siége *u'* en soulevant sa soupape, et s'élève dans le tuyau adapté à la tubulure *n*.

TOUR A VITESSES VARIABLES

AVEC SUPPORT A CHARIOT

PAR

M. CARLIER, mécanicien à Paris

RUE DES TROIS-BORNES

(PLANCHES 25 ET 26)

M. Carlier est connu depuis longtemps comme bon constructeur de machines-outils. Comme il s'est adonné spécialement à cette partie, il y a acquis des connaissances pratiques qui lui font une réputation justement méritée. Sachant toute l'importance d'un bon outil dans un établissement de construction, il apporte dans toutes ses parties les plus grands soins pour obtenir une exécution parfaite. Aussi on lui rend cette justice, que les outils qui sortent de ses ateliers sont bien entendus, bien ajustés, et ne laissent rien à désirer sous le rapport du travail.

Ce consciencieux mécanicien ne s'occupe pas seulement de la confection des tours à engrenages, à plateaux, et des tours parallèles, mais aussi des machines à raboter, des supports à chariot qu'il exécute avec tant de précision, des machines à mortaiser, à aléser, etc.; il s'occupe enfin de toutes les machines qui exigent beaucoup de soins et d'intelligence dans leur exécution.

Le tour que nous allons décrire, présente un exemple de ce que nous venons de déclarer. Nous verrons que ce tour, d'une construction simple, solide et économique, est susceptible de rendre bien des services dans les ateliers de construction, et qu'on en est très-satisfait dans les établissements où il est monté.

Ce tour, quoique d'une dimension moyenne, est tellement combiné qu'il permet de travailler des pièces de fonte, de fer ou de bois, de dimensions très-différentes, par la grande variation de vitesse qu'il permet d'obtenir, ce qui le rend applicable dans une foule de circonstances.

DESCRIPTION DU TOUR

REPRÉSENTÉ PLANCHES 25 ET 26.

La fig. 1re de la planche 25 représente un plan général du tour à engrenages, de ses poupées, et du support à chariot.

La fig. 2 est une section verticale passant au milieu et dans toute la longueur du banc suivant la ligne 1-2.

La fig. 5 de la pl. 26 montre une projection latérale faite suivant le plan 3-4 de la fig. 1re, et vue du côté de la poupée principale.

Nous avons à examiner dans cette machine :

1° La poupée principale ou poupée fixe du tour, son arbre, et ses plateaux;

2° Les diverses combinaisons de mouvement transmis à l'arbre du tour;

3° La contre-poupée, ou poupée mobile avec sa vis de rappel;

4° Le support à chariot et le porte-outils.

Poupée fixe, son arbre et ses plateaux. — La poupée fixe se compose d'une forte chaise en fonte D, dont la base n'a pas moins d'un demi-mètre de longueur sur 0m335 de largeur, et qui est renforcée au-dessous par deux tetons que montre la coupe fig. 2. Elle repose vers l'extrémité d'un banc en chêne A, composé de deux jumelles parallèles qui sont portées par les supports en fonte C, dont la forme et les dimensions sont suffisamment comprises par les fig. 2 et 5. Deux boulons *a* traversent la base de la poupée ainsi que la pièce B qui remplit exactement l'espace existant entre les deux jumelles et passant entre ces jumelles, ils l'y retiennent solidement assujétie, dès qu'on a serré les écrous qui appuient sur elle; la tête de ces boulons est en bas, et presse contre des cales ou traverses de bois *b*.

Les deux joues verticales élevées de chaque côté de la poupée servent à porter l'arbre du tour; elles reçoivent des coussinets en bronze *c* dont la forme et l'ajustement sont indiqués sur les détails fig. 8 et 9, pl. 25. Des chapeaux en fer *d* les recouvrent; retenus par des goujons et des goupilles qui traversent l'épaisseur des joues, ces chapeaux sont taraudés à leur milieu et munis chacun d'une vis de pression qui butte contre le coussinet supérieur.

L'arbre E du tour est en fer forgé, terminé d'un bout par de larges embases qui le maintiennent dans le sens latéral, il est fileté à cette extrémité sur une petite longueur, pour recevoir les plateaux de divers diamètres que l'on doit y monter suivant les dimensions des pièces à tourner ou à aléser. Ainsi sur les fig. 1 et 2, on a indiqué un plateau F qui n'a que 0m355 de diamètre, et qui est suffisant, parce qu'on n'a à tourner qu'une pièce de fonte G de 0,12 à 0,13 de diamètre. On voit, en effet (fig. 2), qu'un toc

ou boulon f, fixé dans une coulisse du plateau, s'appuyant contre une bride en fer en deux parties f', qui entoure le bout de la pièce G, peut entraîner celle-ci dans son mouvement de rotation. La pointe aciérée g, ajustée et taraudée dans le bout de l'arbre, pénètre d'une petite quantité au centre de la pièce qui se trouve ainsi portée par elle et par la contre-pointe g' que l'on voit à l'autre extrémité.

Si, au contraire, la pièce à tourner ou à aléser était d'un grand diamètre, comme, par exemple, une roue d'engrenage, un volant ou une poulie, il serait important de l'assujétir convenablement et le plus près possible de sa circonférence, et pour cela il faudrait monter sur l'arbre du tour un plateau d'une dimension beaucoup plus grande, tel que celui F′, représenté sur les fig. 12 et 13; on le voit sur la face intérieure, et en coupe verticale faite suivant la ligne brisée 5-6-7. Dans ce cas, il est percé d'un grand nombre de trous carrés qui permettent d'y placer soit des boulons, soit des petites poupées e', à vis de centrage (fig. 13 et 14), à des distances plus ou moins rapprochées du centre du plateau.

Comme la pression de l'outil, pendant le travail, s'opère le plus ordinairement vers le plateau du tour, la large embase de l'arbre qui porte celui-ci exercerait un frottement considérable contre le coussinet. Il est utile de placer à l'autre extrémité un petit goujon aciéré contre lequel butte une vis horizontale, qui est taraudée au milieu de la patte en fer forgé h, laquelle se relie à la poupée fixe par les tiges parallèles i (fig. 1).

Mouvement du tour. — Sur l'arbre de couche E, et entre les deux joues de la poupée fixe, est placé un *cône* H, ou poulie en fonte à quatre diamètres différents, qui transmettent le mouvement directement à l'arbre, toutes les fois que celui-ci doit tourner à de grandes vitesses, comme lorsqu'on tourne du bois, du cuivre et quelquefois même des tiges de fer de très-petits diamètres. A côté du cône et sur le même arbre se trouve aussi une roue droite en fonte I, qui peut recevoir son mouvement par l'un des deux pignons $j\,j'$, que l'on fait engrener successivement avec elle. A cet effet ces pignons, qui sont fondus ensemble, sont ajustés sur un axe en fer J, de telle sorte à pouvoir glisser au besoin sur cet axe, pour se présenter alternativement dans le plan de la roue. Et comme ils sont de diamètre différent, afin qu'ils puissent aussi s'approcher ou s'éloigner de la circonférence de celle-ci, l'axe J est porté par une console mobile K en fonte, fixée latéralement contre la poupée principale (voy. fig. 5, 6 et 7). Cette dernière est munie à sa base et à sa partie supérieure des oreilles l et l'; les premières l traversées par un boulon tourné et ajusté de manière à former charnière, correspondent à des oreilles semblables venues de fonte avec la console; les secondes l' portent les pattes à coulisse k, qui se relient à celle-ci, comme l'indique la fig. 5.

Lorsque c'est l'engrenage I qui doit déterminer la marche rotative de l'arbre du tour, la courroie de commande, au lieu de passer sur le cône H, doit, au contraire, actionner l'axe J. Celui-ci se prolonge à cet effet, pour

recevoir les deux poulies L, L′, dont l'une fait corps avec lui, et l'autre est folle.

Mais cet axe J lui-même est rendu susceptible de tourner à différentes vitesses, en ce qu'il peut aussi être à son tour commandé par un engrenage. Ainsi, près des poulies précédentes se trouve la roue droite M, avec laquelle on fait engrener le pignon *m*, que l'on voit monté à l'extrémité d'un axe horizontal *n*. Celui-ci est mobile dans les coussinets en bronze ajustés dans la partie supérieure des joues verticales du support de fonte N, qui repose aussi sur le banc, et y est retenu par un boulon *a′*, comme l'indique la fig. 1.

Sur le milieu de l'axe *n* est placé un cône à 4 diamètres O, semblable à celui qui est sur l'arbre du tour, et qui permet à cet axe de lui communiquer par le même moteur quatre vitesses différentes, par conséquent le pignon *m* peut à son tour transmettre à la roue M et à son axe J quatre vitesses correspondantes. Le même axe *n* porte encore à son extrémité une grande poulie P, sur laquelle on fait passer la courroie motrice quand on veut obtenir un mouvement très-lent.

Il résulte de cette disposition qu'en admettant une seule poulie sur l'arbre de commande, on pourra déjà communiquer à l'arbre du tour 16 vitesses différentes. Si on suppose la poulie à deux diamètres, on en aurait 32, et si on la fait à quatre diamètres, il y en aurait 64. Ce nombre, qui est considérable, permet évidemment de tourner des pièces de métal ou de bois, en les faisant marcher avec une vitesse voulue. Il peut encore être augmenté notablement, si l'on remarque qu'il suffirait de changer le pignon *m*, et de le remplacer par un autre plus grand ou plus petit. Le support N permet cette modification avec d'autant plus de facilité qu'il n'est pas nécessaire que son milieu se trouve dans la ligne d'axe du tour; il peut changer de place latéralement, soit parce qu'on fait les tetons du dessous plus étroits que l'écartement des deux jumelles, soit parce qu'on supprime ces tetons entièrement.

Comme les axes J et *n* sont très-prolongés en dehors de leurs chaises, il était utile, pour qu'ils soient suffisamment soutenus, de rapporter d'une part une bride en fer à coulisse *k′*, qui se relie au support N, et dans l'œil de laquelle passe le bout de l'axe J, et de l'autre, une lunette en fonte Q également à coulisse, pour recevoir l'extrémité de l'axe *n* : cette lunette est boulonnée vers la partie supérieure d'une console verticale Q′, qui est assujétie par sa base sur l'une des jumelles du banc.

Pour permettre de monter sur l'arbre du tour un grand plateau, comme celui représenté sur les fig. 12 et 13, par conséquent d'y tourner et aléser une pièce d'un grand diamètre, il était indispensable de séparer le banc du tour en deux parties, afin de laisser un espace libre, pour donner passage à ces grandes pièces. C'est pourquoi le support à chariot et la poupée mobile du tour sont placés sur un banc A′ qui est tout à fait indépendant du premier. Ce banc, du reste, est composé, comme celui-ci, de deux

jumelles en chêne, de même force, et reposant sur deux forts pieds en fonte C′, que l'on assujétit par des boulons sur des traverses en bois encastrées dans le sol de l'atelier.

Poupée mobile du tour. — La contre-poupée, ou poupée mobile, se compose aussi d'une chaise de fonte D′, dont la base rectangulaire est renforcée au-dessous par deux tetons (fig. 11) qui occupent exactement la largeur de l'espace existant entre les jumelles, afin de ne pas avoir de jeu latéral comme dans la poupée principale. Elle est traversée à son milieu par un boulon a' qui sert à la retenir sur le banc lorsque sa place est déterminée. Ce boulon traverse aussi une cale en bois B′ et la traverse b', comme précédemment.

La partie supérieure de la poupée est arrondie, et relie les deux joues verticales avec lesquelles elle est fondue. (Voy. la coupe verticale fig. 10.) Cette partie recouvre la tige cylindrique E′, que l'on retient à volonté par une bague à vis t, et à l'extrémité de laquelle est ajustée et taraudée la contre-pointe g' (fig. 2). Pour faire marcher cette tige dans le sens de sa longueur, le constructeur a appliqué au-dessous une vis de rappel horizontale p, qui traverse un écrou en cuivre p' (fig. 26), ajustée avec soin dans l'une des joues de la poupée. Une bride en fer ou en fonte q relie la tête de la vis avec le bout de la tige, comme le montre la coupe fig. 2; elle porte de plus un conducteur s, qui les maintient dans la direction parfaitement rectiligne et parallèle. On fait tourner la vis à l'aide d'un petit volant en fonte r que l'on arme d'une poignée, afin de pousser ou de rappeler la tige E′, et par suite la contre-pointe g'.

Support a chariot et porte-outils. — Les supports à chariot, ou porte-outils à vis de rappel, tels que celui représenté sur les pl. 25 et 26, ne sont pas seulement appliqués dans les tours parallèles mais souvent aussi dans les tours à engrenages. Avec ces supports, l'outil n'ayant qu'une marche rectiligne extrêmement lente, en rapport, du reste, avec la nature de la matière à couper, on travaille plus économiquement, et d'une manière plus continue qu'avec l'outil qui est abandonné à la main de l'ouvrier. Non-seulement il ne faut pas un tourneur habile (un homme de peine suffit le plus souvent pour le conduire), mais encore il n'y a pas d'interruption dans le travail quand la pièce est montée sur le tour, que toutes les parties sont bien réglées, et que le porte-outils lui-même est bien placé, on n'a qu'à faire tourner la vis de rappel pour déterminer l'avancement de l'outil. Dans un tour à chariot cet avancement s'opère par le mouvement même de l'arbre du tour. Dans un tour à engrenages comme celui que nous expliquons, on pourrait l'effectuer de même, en disposant une communication semblable à celle que nous avons vue appliquée au tour publié pl. 19 et 20 (1er vol.), et en plaçant sur la tête de la vis de rappel S (fig. 1 et 2, pl. 25), une poulie à gorge qui recevrait un mouvement extrêmement lent.

Si, dans une machine telle qu'un tour, toutes les parties exigent de la

précision dans leur exécution, on peut dire que c'est surtout dans un support à chariot qu'il faut apporter les plus grands soins. Tout son mécanisme se compose d'un grand nombre de pièces dressées et ajustées les unes sur les autres, et qui doivent marcher sans dureté, et pourtant sans aucun jeu.

La base du support est une longue plaque en fonte rectangulaire R, qui est dessinée en plan vu en dessous sur la fig. 20 (pl. 26), en coupe longitudinale suivant la ligne 10-11 (fig. 19), et en coupes transversales suivant les lignes 8-9 et 12-13 (fig. 18 et 21). Elle repose sur les jumelles du banc, et un boulon a'' dont la tête plate s'engage dans la coulisse qui est ménagée sur une grande partie de sa longueur, l'y retient solidement après que sa place a été déterminée. La tige de ce boulon est carrée et traverse une cale en bois B″, qui occupe toute la largeur laissée entre les jumelles, afin qu'il ne puisse tourner lorsqu'on le serre, et qu'en même temps il ne puisse prendre du jeu. Sur l'extrémité circulaire de cette plaque on fait reposer le chariot en fonte R′, qui est dressé sous sa base inférieure, au centre de laquelle il est traversé par un boulon t' qui le tient lié à la plaque, lorsqu'on serre son écrou et lui permet de tourner pour prendre une direction quelconque en desserrant celui-ci.

Ce chariot est à jour dans toute sa longueur, et sa base supérieure, qui est aussi dressée avec le plus grand soin, présente deux biseaux inclinés en forme de queue d'hironde (fig. 19 et 24), pour recevoir, d'une part, le plateau mobile T, et de l'autre, les coulisseaux x. Dans son intérieur est une vis de rappel horizontale S, laquelle est portée par ses deux extrémités, comme l'indique la coupe fig. 18. Munie d'une embase à un bout, cette vis est retenue par une bride s' comme dans un collet qui, sans l'empêcher de tourner sur elle-même, évite cependant qu'elle ne puisse avancer. Elle traverse vers son milieu un écrou en bronze u, qui est fixé sous le plateau T, d'où il suit qu'en tournant la vis, l'écrou u s'avance et avec lui ce plateau et tout ce qu'il porte.

Les coulisseaux x sont fixes parallèlement aux deux bords opposés du plateau, et se promènent avec lui sur la longueur du chariot, en l'y retenant de manière à ne lui permettre aucun jeu. On peut même resserrer l'un d'eux latéralement, au moyen de vis de pression taraudée sur le champ du plateau, et dont on fait appuyer une partie de la tête sur le coulisseau que l'on veut rapprocher. Pour que, pendant le travail, les copeaux de bois ou de métal, enlevés par l'outil ne puissent tomber sur la vis de rappel S, le constructeur a eu le soin de recouvrir celle-ci d'une demi-enveloppe S′ en cuivre mince ou en tôle (fig. 18 et 25).

Sur le plateau T, dont les faces horizontales sont bien dressées, est placé le long porte-outils V, fondu d'une pièce, et ajusté aussi à queue d'hironde entre les deux coulisseaux x'. Ceux-ci se trouvent dans une direction perpendiculaire à celle des deux précédents, et fixés de la même manière sur les deux autres bords du plateau. Un écrou en cuivre v, en partie en-

castré au centre de ce dernier, y reste assujéti; il est traversé par la seconde vis de rappel X, qui, en tournant, s'avance elle-même en faisant en même temps avancer le porte-outils, avec lequel elle est assemblée comme la première avec le chariot.

Le burin *z*, qui s'adapte sur ce porte-outils, se place entre les montants verticaux qui sont venus de fonte avec lui; il est retenu par des vis de pression à tête carrée, taraudées au centre des chapeaux *y*, qui recouvrent les montants, fig. 18 et 19. Cet outil est en acier fondu et trempé vers la partie travaillante qui présente la forme indiquée en plan et en élévation sur la fig. 3 (pl. 25), lorsqu'il est destiné à tourner des pièces de fer ou de fonte. On sait que la pointe de l'outil doit toujours se trouver à la hauteur de la ligne d'axe horizontale, passant par les extrémités des pointes *g* et *g'* (fig. 2). Pour tourner du bois, on lui donne généralement la forme indiquée aussi, à moitié d'exécution, sur la fig. 4.

Support a lunette. — Lorsque la pièce que l'on doit tourner est d'une grande longueur comme une tringle ou un arbre en fer, ou même en fonte, que l'on veut tourner partout, il n'est pas seulement utile de la monter entre les deux pointes du tour, mais il faut de plus la soutenir vers le milieu ou dans les parties faibles, par une lunette semblable à celle qui est représentée sur les fig. 15 et 16, afin qu'elle ne puisse fléchir par la pression de l'outil.

Cette lunette se compose d'une bride en fonte Y, adaptée par un boulon à un support en équerre Z, mais de manière à pouvoir monter et descendre, suivant qu'il est nécessaire, pour faire correspondre le centre de ses coussinets *y'* à celui de la pièce à tourner. Ceux-ci y sont ajustés à queue d'hironde; ils sont généralement en bois dur quelquefois en plomb : un chapeau *z'* en fer forgé les recouvre, et à son centre est taraudée une vis de pression qui les resserre au degré convenable.

On change évidemment les coussinets suivant la grosseur des arbres ou des tringles à tourner.

NOTICES INDUSTRIELLES

SUITE DU RAPPORT SUR LE MÉMOIRE DE M. POLONCEAU,

RELATIF AU CHEMIN DE FER DE STRASBOURG A BALE.

Voici actuellement les différentes causes auxquelles M. Polonceau attribue les économies de combustible :

1° A une plus grande habileté à laquelle sont arrivés les machinistes,

soit par l'intérêt et l'émulation que l'on a excités en eux, soit par l'instruction qu'on leur a donnée.

2° A un ajustement plus correct des pièces, et des proportions plus convenables dans les principales parties des machines de la compagnie.

3° Au revêtement plus général des parois extérieures de toute la machine, afin de la garantir du froid.

4° A une méthode perfectionnée, d'introduire un courant d'air froid dans la cheminée pendant le voyage et en station, au moment où il s'agit de ralentir le tirage du foyer, ou même de l'arrêter.

5° A des perfectionnements dans le mode d'instruction de la vapeur, afin de n'en employer que la quantité strictement nécessaire.

6° A un tuyau d'échappement perfectionné.

Ces différentes causes étant connues de votre commission, il était tout naturel qu'elle cherchât à se rendre compte de celles qui, l'année précédente, avaient donné des résultats si avantageux dans la machine *l'Espérance*, de la maison J.-J. Meyer et Ce. Or, il était facile à votre commission d'avoir les renseignements nécessaires à ce sujet. Ces messieurs venaient au devant de nous en nous les fournissant.

Nous les reproduisons ici : cela rendra plus claire et plus simple la suite de notre rapport.

1° L'application d'une détente, mais d'une détente variable pendant la marche et sur toute la course du piston.

2° Un tuyau d'échappement plus large et variable d'ouverture, afin de diminuer la contre-pression pendant un tirage modéré et d'augmenter le tirage au besoin.

3° Une fermeture dans la cheminée, appelée papillon, dans le but de diminuer le tirage pendant la marche ou en stationnement, comme aussi d'empêcher le refroidissement pendant la nuit.

4° Un registre de prise d'eau sur la boîte à fumée, pour diminuer instantanément le tirage, en cas de surabondance de vapeur.

5° Une meilleure préservation contre le refroidissement des parois de la chaudière.

6° Les bons soins donnés par les machinistes, d'abord à leurs machines, mais surtout à leur feu.

Vous remarquerez, Messieurs, que ces deux séries de perfectionnements sont, sauf un ou deux, de la même nature. La raison en est facile à expliquer. Quelques-uns avaient été, comme vous le verrez plus loin, signalés longtemps d'avance comme désirables. D'autres diffèrent complétement dans leur application; et enfin il paraît que, sur d'autres encore, M. Polonceau et M. Meyer s'étaient entendus et encouragés mutuellement.

Du reste, M. Polonceau nous a assuré qu'il déclinait toute prétention comme inventeur, que son seul but avait été d'agir en bon et intelligent administrateur, en tirant de tout et partout le meilleur parti possible du

matériel confié à ses soins, et y adaptant successivement les corrections et les améliorations que le temps amènerait : ce qui ressort d'ailleurs de la teneur de son mémoire même.

Revenons maintenant aux causes d'économie.

Soins du mécanicien. — Il en est de la machine locomotive comme de toute autre machine, comme de toute espèce d'outil : elle se conserve et rend service en raison des soins qu'on lui porte. Intéresser le machiniste à la conservation du matériel qui lui est confié, en le chargeant de l'entretenir, et surtout de l'économie du combustible, en lui accordant une prime, c'était certainement un moyen de stimuler son attention et son intelligence, à tirer tout le parti possible de sa machine. Aussi, faut-il voir comme ces hommes savent aujourd'hui régler toutes ces pièces, ne charger leur feu que dans un moment opportun et avec rapidité, pour éviter le refroidissement du foyer ; comme ils choisissent le bon moment pour alimenter d'eau la chaudière ; mais surtout comme ils fournissent leur locomotive d'eau et de vapeur avant de partir et avant de gravir une rampe de 3 ou 5 millimètres par mètre, et comme ils savent économiser la vapeur en descendant une pente, et arriver à la dernière station avec le moins de coke possible dans le foyer.

Tous ces tours de mains avaient naturellement besoin d'être appris ; ils ne sont pourtant pas si neufs qu'on pourrait le croire d'abord. On peut les lire, parfaitement détaillés, dans le Manuel de MM. Flachat et Petiet (page 135 jusqu'à 182) ; mais il y a certainement du mérite à les introduire et à les maintenir. Nous avons eu plus d'une fois l'occasion de remarquer combien M. Polonceau est familiarisé avec ces manœuvres, et avec quelle habileté il les dirige.

Ajustement plus correct des pièces et proportions plus convenables dans les principales parties. — Toute machine qui sort de la main du constructeur, demande une mise en train. Les mouvements ont besoin d'être frayés : quelques parties se trouvent trop libres, d'autres pas assez ; souvent il faut en retourner ou relimer quelques-unes : dans une nouvelle branche surtout, des fautes, des erreurs peuvent se commettre. Toutefois, cela ne peut arriver que dans une première machine et il serait injuste qu'une pareille cause attirât la moindre défaveur sur une nouvelle industrie. Nous savons que M. Polonceau est d'accord avec nous sur ce point.

Revêtement. — Dans les premières machines venues d'Angleterre, la chaudière seule était recouverte totalement d'une enveloppe de bois : la boîte à feu ne l'était pas, ou en partie seulement ; elle était battue par le vent et la pluie, la machine souffrait aussi de la chaleur rayonnante. Ces effets étaient naturellement plus sensibles dans notre climat plus froid, en hiver et plus chaud en été que celui de l'Angleterre.

C'est pour obvier à ces inconvénients, que, dans les premières machines fournies par MM. André Kœchlin et Ce, le revêtement a été rendu plus

général. Et en renchérissant les uns sur les autres, MM. J.-J. Meyer et Cᵉ ont recouvert la boîte à feu partout, de bois d'abord, et de tôle par-dessus, aux endroits où le feu ou d'autres causes de destruction pouvaient l'endommager. M. Polonceau, ensuite, a fait mieux encore, en plaçant une enveloppe de coton ou de feutre très-épais, entre la tôle et le bois.

Il est hors de doute que ces améliorations ne soient une véritable cause d'économie de combustible.

Registre a air froid dans la boite a fumée. — Pour vous donner une idée juste de cette partie des améliorations dans les machines locomotives, nous croyons devoir citer un passage du Manuel de MM. Flachat et Petiet.

Nous lisons, page 21 :

« Nous avons dit que, dans les machines nouvelles les dimensions du « foyer avaient été beaucoup augmentées. Il résulte de la quantité consi- « dérable de combustible que ces foyers peuvent contenir et de l'augmen- « tation de la surface de chauffe, une force de vaporisation beaucoup plus « grande qu'on n'avait pu le prévoir.

« On avait, en effet, cru devoir proportionner l'augmentation du foyer à « celle des cylindres; mais l'énergie du tirage, résultant d'une forte quan- « tité de vapeur projetée dans la cheminée, est venue ajouter ses effets à « ceux de la masse en combustion, et la production de la vapeur a dépassé « tout à fait les besoins ordinaires des machines.........................

« Aujourd'hui, les moyens que les conducteurs de machines ont à leur « disposition, pour réduire la consommation de combustible, sont de peu « charger la grille, ou bien d'ouvrir, pendant la marche, la porte du foyer. « Ces deux moyens ont de graves inconvénients. Quand la grille est peu « chargée, la moindre quantité de combustible ajoutée, refroidit beaucoup « le foyer, et de plus la perte de coke est considérable, parce que les « secousses de la machine lui font subir sur la grille un mouvement ana- « logue à celui qu'il éprouverait dans un crible, etc.

« L'ouverture de la porte du foyer, pour ralentir la combustion, a des « inconvénients plus graves encore, en lançant une grande quantité de « froid à travers les tubes; le refroidissement qui en résulte, cause une « contraction vive dans cette partie de la chaudière, les lois de la dilata- « tion des viroles étant différentes de celles de la boîte à feu et des tubes : « ces lois agissant d'ailleurs dans des directions diverses, pour la plaque « de feu, les tubes et les viroles, il en résulte presque toujours une alté- « ration sensible dans les assemblages, et des fuites par les tubes.........

« Les inconvénients des deux moyens de régler la consommation du « combustible et la répugnance que les ouvriers ont à les employer, ont « pour résultat, que la production de vapeur, dans les machines locomo- « tives, n'est presque jamais réglée : elle est très-énergique quand le foyer « est rempli de coke, et en état complet d'incandescence; elle est à peine

« suffisante quand le foyer est peu chargé, ou que le coke, nouvellement « introduit, est froid.

« Cet inconvénient, déjà très-grave, puisqu'il entraîne une consom- « mation aussi considérable qu'inutile dans les machines à cylindres de « 0m305, lorsqu'elles ne conduisent pas toute leur charge, ce qui est le « plus ordinaire, va le devenir beaucoup plus avec les machines à grand « foyer.

« Il est donc essentiel d'introduire dans ces machines des moyens de « régler le tirage, dont leur conducteur puisse se servir pour mettre en « rapport la combustion avec le travail à faire, c'est-à-dire avec la vapeur « à produire. »

Le moyen tant désiré en 1840 par M. Flachat, semble être trouvé aujourd'hui. Toutes les machines du chemin de fer d'Alsace portent un registre de prise d'air, à l'un des côtés de la voûte de la boîte à fumée. Une tringle, qui fait pendant avec celle qui règle le tirage, permet au machiniste de l'ouvrir et de le fermer de sa place.

Aussitôt que la vapeur devient trop forte, le registre est ouvert, et le tirage, et, par suite, la combustion, sont ralentis presque instantanément, sans que ce moyen produise aucun dommage à la machine.

L'idée d'une admission d'air n'est pas neuve; des essais avaient été faits sur différents chemins de fer.

M. Meyer a eu l'idée de placer le registre où il est maintenant : il lui avait donné 18 centimètres sur 20; mais M. Polonceau a trouvé qu'il était plus avantageux de l'agrandir.

FERMETURE APPELÉE PAPILLON. — Dans quelques-unes des machines de M. Stephenson, la cheminée était munie, à sa naissance, d'une clef, ou registre, semblable à ceux des tuyaux du poêle, et tel qu'il se trouve décrit page 60 du Manuel. Cette méthode devait servir à supprimer le tirage pendant le stationnement des machines, et à maintenir, toute la nuit, l'eau de la chaudière à température élevée afin de diminuer les frais d'allumage, le matin. M. Meyer avait appliqué ce moyen dans ses machines; mais il a reconnu, depuis, qu'il gêne le tirage, et, par le même motif, il a été, à ce qu'il paraît, entièrement abandonné par M. Stephenson lui-même.

M. Polonceau se sert, pour toutes les machines, d'un moyen plus efficace, qui consiste en un couvercle à charnière, adopté au sommet de la cheminée, qu'on ouvre le matin, et que l'on rabat chaque soir.

Une méthode quelconque de fermer la cheminée pendant les nuits, est devenue aujourd'hui plus nécessaire qu'auparavant; car, à force de pousser à la recherche des moyens d'économiser le combustible, on a récemment trouvé qu'il valait mieux laisser chaque machine en feu pendant plusieurs jours, puisqu'il en coûterait beaucoup plus de la rallumer, chaque matin, à nouveaux frais. Cette méthode, actuellement en usage sur toutes les

lignes, contribue même à la conservation des machines. qui souffraient des fréquentes alternatives de froid et de chaud, sur des métaux d'une dilatation inégale.

INTRODUCTION PLUS ÉCONOMIQUE DE LA VAPEUR,

DE M. POLONCEAU,

ou détente fixe, ou par recouvrement;

ET DÉTENTE VARIABLE DE MM. J.-J. MEYER ET Cie.

Le moyen de M. Polonceau est invariable, c'est-à-dire qu'on ne peut ni augmenter ni diminuer à son gré la durée de la détente; elle ne peut pas non plus être portée avantageusement au delà du dernier 1/4 de la course du piston, ou, autrement, la durée de l'admission de la vapeur ne peut être moindre des 3/4 de cette course (1).

Le moyen de M. Meyer est variable, depuis 1/6e de détente jusqu'à une détente de 5/6es, et cette variabilité est à la disposition du machiniste pendant la marche (2).

Les premières machines employées sur les chemins d'Angleterre, ainsi que celles qui ont d'abord été fournies au chemin de fer d'Alsace, marchaient à pleine pression, c'est-à-dire, sans aucune détente.

Cependant, vous savez, Messieurs, ce que la théorie laisse espérer de l'emploi de la détente, et vous savez aussi le parti avantageux que MM. J.-J. Meyer et Ce ont su en tirer pour leurs machines fixes. Dès lors, nous pouvons vous expliquer les motifs irrésistibles qui ont déterminé ces messieurs à en faire application à leurs premières locomotives.

Mais, vous le comprendrez encore bien mieux, lorsque nous vous aurons fait connaître d'autres autorités qui, depuis longtemps, préludaient à ce progrès.

Entre autres, le célèbre Watt, dans une de ces patentes fournit un tableau et des calculs pour établir la pression moyenne sur un piston, quand la vapeur n'est introduite que pendant le 1/4 ou le 1/3 de sa course, et se détend selon la loi de Mariotte.

Il en conclut qu'en n'employant que le 1/4 du volume de la vapeur, on produisait un effet moyen de plus de moitié, et qu'en interrompant la vapeur au 1/3, la force moyenne est 0,686.

Oliver Evans, mécanicien américain très-remarquable et qui agitait les questions de machines à vapeur en même temps que Watt, à l'insu l'un de l'autre, parle, dans un ouvrage publié à Philadelphie, en 1805, des machines à haute pression, c'est-à-dire 120 livres par pouce carré. Et après avoir expliqué son système, qui est sans condensation, il dit :

« Mais la soupape doit se refermer aussitôt que la quantité de vapeur

(1) Voir détente de M. Clapeyron, IIIe vol., 3e livr.
(2) Voir détente de MM. Meyer, *idem*, et IVe vol., 1re livr.

« introduite est telle, qu'en se dilatant à mesure que le piston descend, la « force expansive qui lui reste à la fin de la course, soit seulement égale à « la résistance de l'atmosphère. »

M. Flachat parle de la détente variable à double tiroir, prise des machines fixes d'Edwards, où elle a été appliquée, dit-il, si heureusement depuis quelques années; et il ajoute, qu'alors (son livre est de 1840) on s'occupait de l'appliquer à une locomotive sur une ligne de Saint-Germain (1).

Cet appareil a quelque ressemblance avec la détente variable de M. Meyer; mais la seconde boîte est d'une pièce et ne peut se régler avec autant de précision pendant la marche. M. Bowel avait aussi employé, dans les machines fixes et sur les bateaux, une détente qui ressemble également à celle de M. Meyer; mais cette dernière diffère essentiellement des deux autres, par son mode de variabilité et de mouvement (2).

Il est donc démontré à votre commission, que, depuis l'origine, on a compris que l'application de la détente aux locomotives, serait d'une grande utilité; que différentes tentatives ont été faites avant celle de M. Meyer, mais que la sienne a réussi la première.

Il est de plus notoire, que, depuis ce moment, un certain nombre de détentes analogues ont été proposées (3).

M. de Pambour estime le tirage de la cheminée au 1/5 de celui causé par la vapeur.

Afin de se rendre compte et d'apprécier la résistance produite contre le piston par l'action de la tuyère, M. de Pambour fit couper la tuyère de la machine *le Star,* à l'endroit où sa partie conique avait 75 millimètres de diamètre, et l'on substitua à la partie enlevée un bonnet, conique par le bas, et qui, à ce point, s'adaptait avec des vis sur la portion restante du cône de la tuyère. A sa partie supérieure, ce bonnet se changeait en un tuyau quadrangulaire, dont chaque face avait 0m0635 de largeur. Des quatre parois de ce tuyau, trois étaient fixes; la quatrième était mobile autour d'une charnière, et quand on la poussait vers l'intérieur du tuyau, où elle entrait à frottement doux, on rétrécissait d'autant le passage de la vapeur.

Au moyen d'une tige articulée, on pouvait, depuis la place du machiniste, augmenter et diminuer cette vapeur.

Avec cet appareil, M. de Pambour entreprit une suite d'expériences intéressantes. Il trouva que la pression effective exercée contre le piston, par l'effet de la tuyère, varie à très-peu près en raison directe de la vitesse du piston, ou de celle de la machine.

(1) Voir 3e livr. du tome IIIe de la *Publication industrielle*.
(2) Voir cette même livraison et la 1re du IVe vol. pour les détentes de MM. Cabry et Stephenson.
(3) Voir aussi cette 1re livraison pour les détentes de MM. A. Kœchlin et Ce, Gonzenbach, Fourneyron, etc.; la 6e livr., tom. IIIe, pour la détente de M. Farcot, et la 3e livr., tom. IVe, pour celle de M. Tréset de Saint-Quentin.

En terminant ce chapitre, l'auteur ajoute : « On y reconnaîtra comment, « en augmentant l'orifice de la tuyère, on peut diminuer à son gré la « résistance contre le piston, due à cette cause ; *et peut-être trouvera-t-on « en conséquence qu'il serait utile, dans l'usage régulier des locomotives, « d'adopter une tuyère à orifice variable, telle que nous l'avons employée tem- « porairement dans nos expériences.* » (Ceci était écrit en 1835.)

MM. Flachat et Petiet s'étendent, plus encore que M. de Pambour, sur les effets du tuyau d'échappement, et, bien qu'ils diffèrent légèrement sur quelques points, ils attachent la même importance à cette question et y appellent les critiques et surtout les expériences des praticiens.

Or, les premières machines venues d'Angleterre en Alsace, avaient des tuyaux d'échappement à orifice invariable. Mais MM. André Kœchlin et Cie ont, dès leur début, adapté un clapet semblable à celui que M. de Pambour avait employé dans ses expériences. Les machinistes s'en servaient, comme à présent, pour diminuer la pression sur le piston, en les ouvrant, et pour activer le feu, en les fermant.

M. Flachat avait essayé une espèce de bouchon conique, se fermant de bas en haut (1); mais, outre que cette disposition obstruait le passage et gênait le nettoyage du tuyau, le foyer n'était pas activé aussi bien. Alors, M. Meyer, tout en agrandissant le tuyau, a employé un cône qui le fermait de haut en bas; mais le tirage n'ayant pas été amélioré par là, il a reconnu depuis qu'il faudrait éviter de donner une direction oblique au jet de vapeur.

La même observation a été faite dans les ateliers du chemin de fer, et comme l'obliquité du jet des orifices à simple clapet détériorait les parois des cheminées, on a été tout naturellement conduit à donner au jet de vapeur une direction plus centrale, par rapport à la cheminée et à tous les degrés d'ouverture.

On a donc rendu mobiles à la fois deux côtés opposés de la pyramide, en les faisant fonctionner conjointement; M. Polonceau leur a aussi fait donner, depuis, une forme concave, afin de rendre la section, autant que possible, circulaire. Cet appareil ressemble assez à la tête d'un serpent ou à la gueule d'un poisson. Il a aussi fait agrandir considérablement les tuyaux d'échappement, depuis leur base jusqu'à leur sommet; en sorte que la section de leur orifice peut, au besoin, être portée au quadruple au moins de ce qu'elle était auparavant.

Ce perfectionnement a non-seulement amené réellement la conservation de la cheminée, mais il a eu le résultat le plus étonnant sur le tirage et sur la marche du piston. En moyenne, la contre-pression sur le piston est devenue moindre; tandis que le tirage peut, avec ce nouvel appareil, être porté momentanément à un degré extrêmement énergique.

(1) Voir la 3e livr. du 1er vol.

Les machinistes sauront, à l'avenir, tirer de ce moyen, et en tirent déjà le parti le plus avantageux; et il est hors de doute qu'une partie notable des dernières économies de combustible obtenues, doit être attribuée à cette heureuse innovation.

M. Polonceau s'est empressé de donner toute son attention à ce mécanisme, et l'a de suite fait adopter généralement.

Il nous reste maintenant à remplir une dernière tâche : celle de vous rendre compte des expériences auxquelles nous avons été appelés à assister. Elles sont au nombre de cinq. Cinq fois nous avons parcouru le trajet de la ligne de fer de Mulhouse à Strasbourg et retour; les trois premiers parcours, avec une seule locomotive chaque fois, et les deux derniers, avec deux machines à la fois. Le premier mode était suffisant, lorsqu'il s'agissait seulement de constater la consommation du combustible, sans comparer entre elles différentes machines; mais aussitôt que deux machines devaient être mises absolument dans les mêmes conditions, car cela simplifiait considérablement le problème, il a fallu les faire voyager dans un intervalle de temps aussi rapproché l'un de l'autre que possible. Parmi les causes qui amènent de grandes anomalies dans ces expériences, l'état de l'atmosphère est en première ligne : un fort vent, surtout lorsqu'il souffle obliquement, peut non-seulement faire brûler 20 et 30 0/0 de plus de coke, mais retarder considérablement et même arrêter tout court un convoi. Un grand froid influe nécessairement aussi sur la vaporisation. Enfin, une légère rosée fait plus de tort qu'une pluie battante; car, au lieu de laver les rails de la poussière ferrugineuse dont ils sont couverts, la rosée forme avec elle un enduit qui cause le glissement des roues motrices; ce que l'on appelle patiner.

Dans toutes nos expériences, le feu a été allumé, chaque fois, deux heures avant le moment du départ de Mulhouse. Le coke a été pesé par paniers de 40 kilog., au moment de partir, et en quantité suffisante pour tout le parcours d'aller et venir. Les paniers ont été délivrés au machiniste, au fur et à mesure de ses besoins, afin de pouvoir sans cesse contrôler le restant. Au retour à Mulhouse, les paniers restants, ainsi que le coke dans le tender et dans le foyer, ont de nouveau été remis sur la balance. Pendant la route et en station, la provision de coke a été soigneusement surveillée.

Mais nous avons encore redoublé de précautions, une fois qu'il s'agissait du concours entre deux machines.

Avant les deux dernières expériences, un programme avait été rédigé, dont voici la substance :

Afin d'éviter l'influence de l'inégalité du coke, on a partagé un à un les paniers qui le contenaient; en sorte que nous étions sûrs que la provision d'une machine était exactement composée comme l'autre. C'est au sort que l'on a décidé laquelle des deux machines partirait la première; le sort a aussi été consulté pour savoir lequel des deux convois, composés du

même nombre et de la même espèce de wagons, serait remorqué par l'une ou l'autre locomotive.

La vitesse avait été fixée à 40 kilomètres par heure, pour la descente, et à 36 kilomètres pour remonter; avec faculté de ralentir ou accélérer au besoin dans les rampes et les descentes.

Le second convoi devait se mettre en route exactement 30 minutes après le premier.

Dans la dernière expérience, on avait aussi fixé d'avance le niveau pour la quantité d'eau que chaque tender prendrait en route, comme aussi la hauteur du niveau de l'eau dans la chaudière, au moment du retour à Mulhouse.

RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS :

		kilog.
Pour *la Flèche*,	sortie des ateliers de MM. André Kœchlin et C[ie], avec 66 tonnes en descendant et en montant......	5,62
Pour *le Succès*,	sortie des ateliers de MM. J.-J. Meyer et C[ie], avec 99 tonnes en descendant............... » 100 » en montant.................	7,18
Pour *l'Ouragan*,	par MM. André Kœchlin et C[ie], avec 102 tonnes en descendant et en montant.................	7,04
Pour *le Succès*,	avec 104 en descendant.................... » 106 en montant......................	6,20
Pour *l'Ouragan*,	avec 104 en descendant.................... » 107 en montant......................	6,36

La moyenne de ces chiffres est : kilog. 6,48 ; ce qui se rapproche, autant que possible, de celui que le mémoire indique pour consommation moyenne de juillet 1843.

En conséquence, votre commission est convaincue que la diminution considérable sur le combustible employé aux locomotives du chemin de fer d'Alsace, est telle que le mémoire l'annonce : nous avons même lieu de penser que, sous peu, le chiffre pourra diminuer encore; et nous nous plaisons à reconnaître, à cet égard, l'exactitude des faits avancés par M. Polonceau.

Mais son mémoire a encore un autre but plus important : il tend à démontrer que le gouvernement et les compagnies peuvent aujourd'hui, avec confiance, donner leurs demandes à des constructeurs français, pour les locomotives dont ils auront besoin. Personne n'était plus à même de donner ces preuves, puisque cet ingénieur a, depuis deux ans, sous son administration, un assortiment de 28 machines, dont 3 seulement ne sont pas françaises. . . . .

En s'adressant à vous, Messieurs, pour proclamer une vérité d'une si

haute portée, l'auteur vous a donné un témoignage de confiance dont nous devons lui savoir gré. Aussi, M. Polonceau pouvait-il compter d'avance sur le bon accueil que recevrait un travail de cette nature. Nous nous sommes donc empressés de nous associer au but louable qu'il s'était proposé.

Mais nous croyons en même temps devoir ne pas imiter le silence qu'il a gardé dans son mémoire, quant aux personnes dont il relève le mérite; et d'autant moins qu'elles sont toutes nos concitoyens. Ainsi, ce sont MM. André Kœchlin et Ce, d'ici, qui ont fourni le premier grand assortiment de locomotives en France, et c'est cet assortiment qui fonctionne si bien sur notre ligne de fer.

Quant à l'exemple de hardiesse et de confiance dans les ressources de notre industrie, et la sagesse de s'en tenir d'abord à un bon modèle anglais pour la première grande commande, ce mérite, vous le savez, Messieurs, revient à MM. Nicolas Kœchlin et frères, les concessionnaires du chemin de fer, de cette belle entreprise qui contribuera tant à augmenter la prospérité de cette contrée.

La promptitude avec laquelle la ligne de Strasbourg à Bâle a été construite et mise en activité, aurait effectivement été douteuse, si les constructeurs des machines s'étaient laissé entraîner, dès le commencement, à des innovations et des perfectionnements non encore consacrés par la pratique. Vous savez, du reste aussi, Messieurs, ce qu'il en coûte de temps et de sacrifices pour mener à bonne fin une nouvelle idée en industrie. L'histoire de la locomotive en présente des exemples nombreux, et offrira un jour une belle page à étudier. Son auteur ne saurait trop faire ressortir alors le mérite de toutes les personnes qui ont successivement ajouté leur tribut à cette belle invention.

Mais nous devons encore vous faire remarquer, Messieurs, que la maison Nicolas Kœchlin et frères a aussi eu, plus tard, de la confiance dans des machines faites en France, et qui n'étaient pas copiées seulement, puisqu'elle a commandé subséquemment deux machines à MM. J.-J. Meyer et Ce, dont le système a effectivement offert cette supériorité reconnue dans l'expérience faite en octobre 1842, et dont nous vous avons entretenus au commencement de ce rapport.

Sous doute que d'autres maisons de constructions françaises ont aussi une grande part à l'introduction de cette nouvelle branche d'industrie; mais on comprendra aisément que l'étendue de notre rapport ne nous a par permis d'aller à la recherche de leurs noms et de leurs travaux.

En résumant toutes nos observations, un fait de la plus haute importance semble se révéler à nos yeux : la construction et l'emploi des locomotives ont fait, dans les derniers temps, un de ces pas progressifs qui semblent n'être réservés aux nouvelles inventions qu'à des époques éloignées.

Indépendamment d'une réduction considérable obtenue sur le combustible, on est parvenu à rendre variable, à une grande étendue, et au gré

du machiniste, le pouvoir de ce moteur. Après qu'il avait dépassé au centuple les moteurs vivants les plus forts et les plus agiles, il s'est encore rapproché de leur nature. Car, ainsi que l'homme et les animaux, qui possèdent la faculté de décupler au moins leur force moyenne, dans des instants où cela devient nécessaire, le locomoteur à la vapeur saura faire dorénavant des surcroîts d'efforts pour vaincre momentanément un plus grand obstacle, et pourra se relâcher après. Il ne sera peut-être pas non plus nécessaire, à l'avenir, d'avoir des machines qui varient beaucoup en puissance, selon les lieux et les services; mais les plus puissantes pourront, au besoin, et même régulièrement, faire un service léger, sans dépenser une quantité de combustible superflue. Peut-être même sera-t-il possible d'exécuter de certaines lignes de fer sous des conditions plus difficiles par rapport au terrain.

Ces merveilleux résultats sont dus, sans doute, à l'ensemble de toutes les améliorations dont nous vous avons rendu compte, comme aussi à une multitude d'autres moyens, plus ou moins importants qui, d'ordinaire, ne manquent pas de surgir dans une administration active et éclairée.

Mais nous croyons devoir signaler d'une manière particulière, et comme ayant surtout perfectionné la locomotive dans ses principes constituants :

1° L'emploi de la détente, et surtout de la détente variable,

2° L'élargissement du tuyau d'échappement, et la variabilité perfectionnée de son orifice.

3° Le registre de prise d'air.

C'est en France, Messieurs, et, pour la plupart, en Alsace, que ces perfectionnements ingénieux ont réussi, en premier lieu, dans leur application.

Et c'est vous, Messieurs, qui êtes appelés à enregistrer dans vos archives et à proclamer des progrès industriels d'un si haut intérêt, et qui ne manqueront pas, nous l'espérons, de tourner bientôt au profit de tous les pays où l'on s'occupe de chemins de fer.

Que la Société avise donc sans retard aux moyens de répandre le bon résultat de notre examen; que les compagnies, que le gouvernement l'apprennent, et que l'on vienne vérifier encore, s'il était nécessaire.

Enfin, qu'une funeste méfiance dans le savoir-faire de nos constructeurs soit au plus tôt dissipée.

Mais aussi, faisons des vœux pour que le gouvernement entre franchement dans une voie de justice et de patriotisme, en faisant participer à la fourniture des locomotives toutes les maisons qui, en France, sont à même de bien faire.

Avec 200 et plus de machines de cette espèce, qu'il faudra dans le cours de peu d'années, que de monde pourra-t-on occuper! que de profits raisonnables pourra-t-on faire gagner à notre industrie! et surtout quelle habileté, quelle expérience seront acquises par tous ceux que l'on chargera de ces entreprises de construction!

Ici, Messieurs, nous terminons notre travail, dans lequel nous avons eu constamment en vue de faire prévaloir la vérité et l'équité; nous ne pouvions mieux contribuer au maintien de la confiance et de la renommée qu'ont acquises les travaux de la Société.

FABRICATION DES RUBANS DE CARDES.

Procédé de M. Witacker. — Le 27 août 1840, il a été délivré un brevet d'invention de dix ans, à M. Witacker, ingénieur très-recommandable de Charleville, pour son système de fabrication de plaques et de rubans de cardes, avec l'emploi du feutre d'une toile et d'une dissolution de caoutchouc, pour remplacer le cuir qui a été en usage jusqu'ici. L'auteur a eu principalement pour objet de réduire le prix de la matière première, en employant des substances moins coûteuses que le cuir.

Son procédé consiste a étendre sur une table métallique parfaitement plane, un feutre bien uni, sur lequel il verse une dissolution de caoutchouc qu'il recouvre d'une toile et qu'il soumet ensuite à une forte pression à l'aide d'une seconde plaque métallique, il expose en même temps cette espèce de tissu ainsi composé, à une température d'environ 15° pour le faire sécher, puis il le fait passer entre deux cylindres afin de lui donner dans toutes ses parties exactement la même épaisseur.

On doit à cet habile ingénieur d'autres inventions fort utiles, parmi lesquelles nous devons citer les machines à fabriquer les clous et becquets à froid, étirés dans des bandes de fer ou de tôle.

Procédé de M. Auzou. — Il a aussi été délivré, le 9 décembre 1841, un brevet d'invention de 15 ans, à M. Auzou, de Rouen, pour un procédé analogue, propre à faire les plaques et rubans de cardes sans cuir, à l'aide d'un tissu composé de toile de coton, de chanvre ou de lin. L'auteur en réunit plusieurs épaisseurs en les saturant de colle de Flandre ou de colle de poisson et d'amidon. Il fait passer ce tissu entre deux cylindres, à froid d'abord, puis entre deux cylindres chauffés. Ce second procédé ne paraît pas être aussi avantageux que le premier, et ne semble pas donner autant de résultats qu'on en espérait. Quoi qu'il en soit, M. Auzou mérite les plus grands encouragements pour les essais qu'il a entrepris dans le but d'arriver à remplacer le cuir par des tissus d'un prix beaucoup moins élevé.

La consommation du cuir est tellement considérable dans la fabrication des cardes, que l'on conçoit sans peine que des industriels éclairés aient cherché à y substituer des produits moins chers, et pouvant remplir le même but.

VENTILATEUR

A AILES DROITES

APPLIQUÉ DANS LES FORGES ET FONDERIES

PAR

M. CADIAT, ingénieur à Decazeville

(PLANCHE 27)

Depuis quelques années, les ventilateurs sont devenus, dans les ateliers de fonderie et de forge, d'un emploi général; l'usage qu'en en a fait et qui s'accroît de jour en jour, a causé dans ces établissements d'heureux perfectionnements.

Malgré l'importance que cette machine acquiert de plus en plus, elle est restée jusqu'à ce jour, il faut le dire, peu étudiée sous le rapport soit de sa construction, soit de l'effet qu'on peut en attendre, soit enfin sous celui de la force motrice qu'elle exige.

Des principes erronés servent encore de base au plus grand nombre des mécaniciens qui les établissent. Ainsi on admet généralement que la vitesse de l'air qui sort de la buse d'un ventilateur ne dépend que de la vitesse des ailes; qu'il est indifférent, pour la force dépensée, de laisser sortir l'air par une buse plus ou moins grande en section.

Une application que M. Cadiat avait crue praticable, mais dont l'expérience lui a bientôt démontré l'inexactitude, consistait à obtenir une pression d'air de plus en plus concentrée, au moyen de plusieurs ventilateurs à axe commun, mais disposés de manière à envoyer l'air comprimé du premier ventilateur dans le deuxième, celui du deuxième dans le troisième, et ainsi de suite. Quoique cette application n'ait donné aucun résultat satisfaisant, elle a du moins engagé l'auteur à faire un grand nombre d'expériences sur les ventilateurs.

« Ces expériences qui n'ont été faites, nous dit M. Cadiat, que dans un but de satisfaction personnelle, sont loin de suffire pour éclairer parfaitement la question; mais comme, malgré ce qu'elles ont d'incomplet, elles démontrent l'existence de certains principes généralement peu connus, je les livre à la publicité, pensant être utile en jetant quelque jour sur une

question nouvelle, laissant à d'autres la tâche plus difficile de la résoudre complétement.

« Ces expériences ont été faites sur le même ventilateur, celui que l'on voit représenté en coupe verticale sur la fig. 1, pl. 27; mais la première série consignée dans le premier tableau a été faite avec l'emploi de longues palettes droites P, se mouvant exactement dans la partie cylindrique A du tambour. La deuxième série a été faite, au contraire, avec des palettes plus courtes *p*, qui, loin d'approcher de la surface cylindrique du tambour, en étaient éloignées de 0m 080. Les deux orifices d'entrée d'air, dont l'un se voit en C, étaient circulaires et avaient chacun 0m 46 de diamètre.

« Le ventilateur était mis en mouvement par la roue motrice de l'établissement, mais dont la puissance était relativement beaucoup trop considérable pour qu'on pût déduire la force transmise au ventilateur, du volume d'eau dépensé par la roue. J'ai donc dû me contenter, ajoute M. Cadiat, de résultats comparatifs, en me bornant à observer la marche du ventilateur pour les mêmes ouvertures de vanne à la roue hydraulique. J'ai fait varier les dimensions de l'orifice de sortie *o*, qui se trouve vers l'extrémité de la buse B, à l'aide du registre vertical *r*, en ayant le soin de ramener chaque fois la vanne de la roue hydraulique à la même ouverture.

« La pression du vent était mesurée par un manomètre à eau. »

Par l'inspection de ces tableaux, on remarquera que :

1° L'effet produit ne dépend pas sensiblement de la surface des palettes, mais qu'il dépend beaucoup de la dimension des orifices de sortie et de la vitesse des ailes.

2° Les effets varient comme les cubes des vitesses.

3° Lorsque la surface d'une palette est de 1 1/2 fois celle de l'orifice de sortie, le produit du ventilateur n'est pas diminué par la réduction de surface de la palette, et par le vide qu'elle laisse entre le tambour et son extrémité. Au contraire, cette disposition augmente notablement l'effet produit, en réduisant la force dépensée.

4° Les palettes restant les mêmes, le produit augmente à mesure que l'orifice diminue, jusqu'au point où l'orifice est égal en section aux 0,40 ou 0,60 de la surface d'une palette. Au delà, si l'orifice continue à décroître, l'effet diminue en même temps. L'orifice le plus favorable est celui qui donne pour la sortie de l'air une vitesse égale à la vitesse du milieu des palettes.

5° Quant à la force nécessaire pour mouvoir le ventilateur, il est facile de découvrir qu'elle est tout à fait indépendante de l'effet obtenu. Il est donc bien important de proportionner les orifices avec les palettes de manière à utiliser complétement la puissance ; car, avec le ventilateur, il est souvent impossible de dépenser beaucoup de force en ne produisant aucun effet.

« D'après ces remarques, dit en terminant M. Cadiat, et les lois que j'ai cherché à reconnaître dans les tableaux d'expériences, j'ai tiré pour conclusion, et afin d'en faire l'application, les formules empiriques suivantes,

(*a*) (*b*) (*c*), qui donnent respectivement la vitesse de sortie en fonction de celle des ailes, de la surface de l'orifice et de la surface des ailes ; l'effet produit en kilogrammes élevés à un mètre par seconde, et enfin la force motrice dépensée en chevaux. »

En appelant :

P le nombre des palettes,
A la surface d'une palette,
O la surface de l'orifice de sortie,
U la vitesse du milieu des palettes,
V la vitesse de sortie de l'air par la buse,
h la hauteur de la colonne d'eau dans le manomètre × par 800,
C la force en chevaux,
Q le poids de l'air lancé,

Dans les expériences, on trouve que la vitesse de sortie peut être exprimée par

$$V = \frac{0,73\ U}{\sqrt[2]{\frac{O}{A}}} \quad \ldots\ldots (a)$$

Le poids d'un mètre cube d'air étant $1^k\ 23$

$$\text{On a } Q = 1^k\,23 \times O \times V$$

$$\text{Et } Q\,h = 1,23 \times O \times V \times h\,;$$

$$\text{Mais } V = \sqrt{2\,g\,h} \text{ ou } h = \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{On a donc } Q\,h\,g = \frac{1,23 \times O \times V^2}{2g}$$

$$\text{En remplaçant V, on trouve } Q\,h = \frac{1,23 \times O}{2g}\left(\frac{0,73\ U}{\sqrt[2]{\frac{O}{A}}}\right)^3;$$

$$\text{Ou } Q\,h = 0,043 \times O\left(\frac{U}{\sqrt[2]{\frac{O}{A}}}\right)^3 \ldots\ldots (b)$$

$$C = \frac{0,063 \times 1,90 \times P \times A \sqrt{O\,U^3}}{75}\,\frac{m}{n}$$

$$\text{Ou } C = 0,00159\ P\ A \sqrt{O\,U^3}\,\frac{m}{n} \ldots\ldots (c).$$

Le rapport $\frac{m}{n}$ représente celui de la longueur de la projection de la palette à la longueur de cette palette.

VENTILATEURS ASPIRANTS

A FORCE CENTRIFUGE ET VIS PNEUMATIQUE

APPLIQUÉS A L'AÉRAGE DES MINES DE HOUILLE

(PLANCHE 27)

Pour qu'une mine soit bien aérée, il faut qu'un courant d'air incessant et suffisamment rapide, venant du jour circule dans toutes ses parties, afin d'entraîner au dehors les gaz nuisibles qui s'y forment continuellement. Ce courant peut être déterminé par la seule influence des différences de densité entre l'air atmosphérique et celui qui remplit les galeries, combiné avec une disposition convenable de l'ensemble des excavations souterraines et des ouvertures qui les mettent en communication avec le jour.

On dit alors que l'aérage est *naturel*. Il arrive rarement que cet aérage suffise pour que l'air y soit convenablement salubre.

L'aérage est dit *artificiel* lorsqu'il exige l'emploi d'une force motrice continuellement agissante.

On doit, autant que possible, disposer l'ensemble des travaux souterrains, ainsi que les puits et les galeries qui aboutissent au jour, de telle sorte que la circulation de l'air ait lieu naturellement, et que la force motrice, quand on est obligé d'y avoir recours, vienne aider l'action des causes naturelles.

L'aérage naturel peut avoir lieu, soit par une excavation avec une seule ouverture, soit par des excavations à deux ou plusieurs ouvertures, et par des puits et des galeries de creusement. L'aérage d'un puits vertical est considérablement accru par des filtrations d'eau venant de la partie supérieure.

Les moyens généralement employés pour produire un aérage artificiel, lorsque le premier est insuffisant, sont de deux espèces, savoir :

1° Les *foyers d'aérage* qui doivent être, autant que possible, établis à une grande profondeur, c'est-à-dire au bas du puits par lequel l'air sort. Plus ce puits est profond, plus une même élévation de température, com-

muniquée à l'air, est efficace. Quelques ingénieurs proscrivent entièrement ces appareils, comme dangereux dans les mines à *grisou*.

2° Les *machines soufflantes* ou *aspirantes*. Toutes ces machines peuvent remplir l'objet; car le but que l'on se propose étant toujours de déterminer une circulation d'air, dans une suite de galeries plus ou moins sinueuses, il peut être atteint, soit en lançant de l'air préalablement comprimé par une extrémité, soit, au contraire, en aspirant à l'autre bout, et rejetant à l'extérieur l'air aspiré.

On a aussi proposé d'employer la vapeur pour opérer un aérage artificiel dans les mines, en empruntant à un tuyau de vapeur, placé dans la buse d'aérage, la chaleur nécessaire pour déterminer une aspiration suffisante, et l'ascension de l'air des travaux par cette buse; mais ce mode, suivant M. Combes, ne paraît pas très-économique, et doit conduire à des difficultés dont l'expérience seule peut faire apprécier la gravité.

Les appareils soufflants ou aspirants, employés pour déterminer la circulation de l'air dans les mines, doivent remplir les conditions principales suivantes :

1° De déplacer des volumes d'air considérables ;

2° De n'imprimer à ces masses d'air que de faibles vitesses ;

3° De n'augmenter que très-faiblement la pression de l'air qu'elles puisent dans l'atmosphère, si ce sont des machines soufflantes, ou dans la mine, si ce sont des machines aspirantes.

On se sert beaucoup en Belgique, depuis quelques années, de grandes machines aspirantes à piston, à simple et à double effet. M. Raimbeaux, administrateur des mines du Grand-Hornu, près Mons, a bien voulu, avec l'obligeance la plus gracieuse, nous communiquer les dessins complets de ces machines, avec ceux des ventilateurs que nous allons décrire. Nous nous faisons un devoir de lui en témoigner nos biens sincères remerciements, et de le citer comme l'un des manufacturiers les plus recommandables et les plus éclairés, toujours disposé, pour faciliter les progrès de l'industrie, à encourager les essais des jeunes industriels avec le plus grand désintéressement.

VENTILATEUR ASPIRANT, A AILES DROITES,

ÉTABLI PAR M. LÉTORET, DE MONS. (FIG. 2 ET 3, PL. 27.)

Ce ventilateur est établi sur la fosse de la Sainte-Victoire, à Frameries, près Mons en Belgique; il est représenté en élévation sur la ligne 3-4 (fig. 2), et en plan sur la ligne 1-2 (fig. 3). Construit sur de grandes dimensions, comme le montre le dessin, cet appareil est posé au sommet de la fosse, entre deux murailles I, en maçonnerie, dans l'épaisseur de chacune desquelles on a ménagé une ouverture circulaire I′, qui n'a pas moins de 1m62 de diamètre. L'air ou les gaz aspirés de l'intérieur de la mine, arrivent par ces ouvertures dans le ventilateur, et se trouvent projetés successivement

au dehors par les palettes droites A, qui reçoivent un mouvement de rotation rapide dans le sens indiqué par les flèches (fig. 2).

Ces palettes sont en tôle mince de 2 millim. d'épaisseur, portées sur des bandes de fer forgé B, avec lesquelles elles sont rivées ou boulonnées. Leur largeur est de 0^{m}975, et leur longueur de 1^{m}030. Ainsi elles présentent chacune une surface qui n'est pas moindre d'un mètre carré. Afin de pouvoir régler leur inclinaison par rapport aux rayons des cercles qu'elles décrivent, les bandes qui les portent ne sont pas invariablement fixées aux bras C du ventilateur; elles sont, au contraire, assemblées à charnière d'un bout en *a*, et soutenues vers l'autre par des goupilles *b* qui traversent l'un des trous pratiqués dans l'épaisseur des quarts de cercle D, en fer méplat et placé de champ. On a pu ainsi faire varier à volonté l'angle des ailes, et par conséquent trouver celui qui est le plus convenable pour le bon effet de l'appareil. Cet angle paraît être de 43 degrés; il s'approche de celui que la pratique a fait généralement adopter dans les ventilateurs soufflants employés dans les forges et les fonderies.

Les bras C sont en fer forgé, assemblés par des boulons sur la partie carrée de l'arbre horizontal E, qui, prolongé de chaque côté, est mobile dans des coussinets F, et porte d'un bout une poulie à joues en fonte G, par laquelle il reçoit son mouvement de rotation. Cette poulie est commandée elle-même par une autre d'un diamètre beaucoup plus grand, placée sur l'arbre de couche du moteur, qui est une machine à vapeur à haute pression et à double effet.

Une espèce de lentille en tôle H, fixée au milieu de l'arbre E, est destinée à éviter le choc des deux courants d'air ou de gaz qui se rendent à l'appareil par chaque ouverture I'. Cette addition est, selon nous, fort utile, et nous ne voyons pas pourquoi elle ne serait pas appliquée à tous les ventilateurs du même genre.

« Suivant M. Combes, un ventilateur aspirant, à ailes droites, ne peut jamais utiliser les 50/100es du travail moteur qui lui est transmis. En réalité, il utilise une fraction beaucoup moindre de ce travail, soit à cause des frottements de l'air qui ne sont pas nuls, soit surtout à cause du choc des ailes droites contre l'air, à son entrée dans les cellules formées par ces ailes. »

Quoi qu'il en soit, ce système de machine est d'une application fort utile dans les mines, à cause de la grande simplicité de sa construction, de l'extrême facilité de sa mise en place, comme par le peu de frais d'entretien qu'elle exige.

Ces ventilateurs à force centrifuge ont été et sont de plus en plus fréquemment employés pour aérer des lieux d'habitation, des salles de réunion, des hôpitaux, etc. En Allemagne on s'en sert aussi très-souvent pour aérer des mines. Ils présentent cet avantage de déplacer de grandes masses d'air, en les comprimant fort peu.

VENTILATEUR ASPIRANT, A AILES COURBES,

ÉTABLI PAR M. COMBES. (FIG. 4 ET 5, PL. 27.)

M. Combes, ingénieur du plus grand mérite, a publié en 1840, dans les *Annales des Mines*, un mémoire fort intéressant et très étendu sur l'aérage des mines. Après avoir expliqué les divers appareils employés jusqu'alors, il a présenté un ventilateur à ailes courbes, qui, en évitant les inconvénients des premiers, pût réunir toutes les conditions voulues pour une bonne machine d'aérage.

Le dessin de l'appareil que nous avons donné en projection horizontale fig. 4, et en coupe verticale passant par la ligne 5-6 (fig. 5), est un des ventilateurs qu'il a établis l'année dernière en Belgique, sur l'une des mines de M. Raimbeaux. Ce ventilateur a été construit pour produire le même effet que la machine à piston de la houillère de l'Espérance, près Liége, c'est-à-dire pour extraire 8 mètres cubes d'air par seconde; la différence de pression entre l'air extérieur et l'air intérieur étant mesurée par une colonne d'air de 63m83.

L'auteur place l'appareil sur le puits par lequel sort le courant d'air qui a circulé dans les excavations souterraines. La bouche R de ce puits présente la forme circulaire que l'on voit sur la coupe fig. 5. Une plate-forme carrée Q, en charpente ou en maçonnerie, est assise sur cette bouche pour recevoir la machine.

Ce ventilateur se compose simplement de trois palettes cylindriques et verticales *g*, en tôle mince, rivées entre deux couronnes horizontales *f* et *h*. La première de ces couronnes, celle supérieure *f*, est formée d'une jante circulaire, en tôle, et de six bras N, en fer forgé, réunis à un même moyeu, et dont l'intervalle est encore rempli au-dessus et au-dessous par de la tôle mince. La couronne inférieure *h* est complétement évidée à l'intérieur; elle est en tôle, sans bras ni moyeu; mais elle est munie au-dessous et vers le milieu de sa largeur d'un cylindre vertical de tôle *i*, qui plonge et tourne avec l'appareil dans l'eau d'un bassin circulaire en fonte P. L'objet de ce cylindre, rivé à la couronne, est d'éviter que l'air extérieur soit aspiré par le ventilateur. Cette disposition est, comme on le voit, fort simple, et ferme d'une manière hermétique toute communication par le dessus de la couronne inférieure, entre l'extérieur et l'intérieur. Nous croyons cependant qu'elle eût pu être supprimée, en faisant simplement la pièce P comme une simple cornière circulaire, dont le diamètre intérieur de la partie verticale aurait été égal au diamètre extérieur de la couronne *h*, qui y pénétrerait de son épaisseur. On aurait ainsi évité un frottement inutile.

La couronne supérieure pleine est fixée sur un axe vertical en fer J, retenu à son sommet par un coussinet en cuivre *d'*, renfermé au centre d'un croisillon à quatre branches L. Ce croisillon est supporté, au-dessus

de la base de l'appareil, par quatre colonnes verticales M, boulonnées sur les oreilles du récipient circulaire. L'extrémité inférieure de l'axe vertical J est alésée, et renferme un grain d'acier faisant corps avec lui, et mobile sur une pointe fixe aciérée *d*, ajustée au centre d'une traverse courbe en fer forgé K (voy. le détail de ce pivot sur la coupe fig. 6). Cette traverse est prolongée suffisamment pour se boulonner sous le récipient P.

Entre la couronne supérieure et le croisillon à quatre branches L, est placée une poulie en fonte O, à rebords, qui est fixée sur l'arbre vertical et commandée par une poulie plus grande montée sur un arbre de couche, qui reçoit lui-même son mouvement d'une machine à vapeur oscillante, marchant à haute pression et à simple effet, semblable à celle que nous avons donnée pl. 32, 1er volume.

Il est aisé de voir, par le dessin, que l'air arrivant du puits par l'effet de l'aspiration se projette dans l'appareil, en y pénétrant par la base inférieure qui est complétement ouverte. Il s'en dégage latéralement sur toute la circonférence, étant chassé par les palettes courbes pendant leur mouvement de rotation. Nous renvoyons, pour la partie théorique de cet appareil, au mémoire très-développé publié par l'auteur, en 1840, dans les *Annales des Mines*, et au supplément donné en 1841 dans le même journal, et dans lequel on remarque qu'il est arrivé à cette conclusion, que les ventilateurs aspirants, à ailes courbes, peuvent donner un effet utile égal aux 60/100es du travail dépensé, lorsque les vitesses angulaires se trouvent entre 91m93 et 80m18, auxquelles correspondent des volumes d'air extraits de 6m.c.780 et 5m.c.085.

L'auteur applique aussi son ventilateur à ailes courbes dans la ventilation des magnaneries, dans les lieux d'habitation, où le volume d'air à déplacer est, en général, de 1 à 2 mètres cubes au plus par seconde. Dans ce cas, il fait voir que le rapport de l'effet utile au travail transmis à l'appareil est au-dessus de 0,55 et peut s'élever à 0,606, lorsque les vitesses sont comprises entre 124 et 162 tours par minute, auxquelles correspondent des volumes d'air extraits respectivement égaux à 0m.c.958, à 2 mètres cubes par seconde.

Dans la plupart des fonderies de seconde fusion, où l'on emploie maintenant des ventilateurs soufflants, la pression de l'air, en arrière des buses, est mesurée par une colonne d'eau dont la hauteur va souvent jusqu'à 10 et 12 centimètres, et le volume d'air lancé par la machine est de 0m.c.30 à 0m.c.40 par seconde, souvent même davantage. M. Combes, lorsqu'il fait ainsi l'application de son appareil pour souffler des cubilots, le dispose verticalement, c'est-à-dire que l'axe est horizontal, porté sur deux coussinets, comme les ventilateurs à ailes droites, et l'air aspiré entre par deux ouvertures centrales ménagées sur les deux disques opposés. Les ailes également cylindriques, comme dans les fig. 4 et 5, sont, en général, au nombre de quatre, et, pour que la vitesse absolue

avec laquelle l'air est projeté par les ailes, se conserve le mieux possible, il excentre l'enveloppe extérieure du ventilateur, dans laquelle l'air est recueilli, et qui se raccorde avec le porte-vent d'une certaine quantité, par rapport à la surface cylindrique décrite par l'extrémité des ailes. L'auteur trouve encore que, dans cette application, son ventilateur peut utiliser 60 100es du travail moteur transmis, sauf toutefois le travail absorbé par le frottement des parties solides de la machine les unes contre les autres.

M. Combes ne manque pas d'observer, vers la fin du supplément de son Traité, que pour déplacer de très-grands volumes d'air sous de très-petites pressions, il convient de construire des ventilateurs de grandes dimensions, et tournant lentement, tandis que pour de petits volumes d'air sous des pressions élevées, il faut construire des ventilateurs extrêmement petits, qui doivent tourner avec une rapidité excessive.

VIS PNEUMATIQUE DE SAUWARTAN,

PAR M. MOTTE. (FIG. 7 ET 8, PL. 27.)

Il y a quelques années que l'on a cherché à appliquer des *vis pneumatiques* à la ventilation des mines. M. Motte, ingénieur-mécanicien à Marchiennes-au-Pont, en a décrit une dans son *Traité d'aérage*, qui lui a valu, en 1840, une médaille d'argent de l'Académie des sciences de Bruxelles. Elle a beaucoup d'analogie avec celle que nous allons décrire, et qui est représentée, vue de face sur la fig. 7, et en projection horizontale fig. 8.

Cette vis se compose de deux demi-spires, en tôle mince V, contournées sur un axe commun en fer *k*. Elle est renfermée dans une enveloppe cylindrique de fonte S, ouverte à ses deux bases et encastrée dans une digue en maçonnerie élevée vers le sommet du puits ou de la galerie d'aérage. L'une de ces bases communique avec l'intérieur du puits, et l'autre avec l'air extérieur. L'axe *k* est porté au centre des deux croisillons à quatre branches T, en fer forgé, et boulonnés sur les bords de l'enveloppe. Il porte à l'un de ses bouts une poulie à gorge *l*, qui, par une courroie, reçoit son mouvement d'une poulie d'un grand diamètre, placée sur l'arbre de couche d'une machine à vapeur à haute pression et à cylindre horizontal, comme celles construites au Creusot.

La vis pneumatique de M. Motte se compose d'une seule spire, qui opère une révolution entière sur son arbre. Celui-ci est vertical et directement placé au centre de l'ouverture du puits.

M. Souchet, ingénieur de la marine, avait aussi proposé, dès 1834, d'appliquer une vis semblable à l'aérage de la cale des vaisseaux. Elle se composait d'une simple spire en tôle, montée sur un tambour tournant avec un axe vertical, dans une enveloppe cylindrique fixe.

Ces vis ont sur les machines à piston l'avantage du bon marché, de la

simplicité de construction et d'installation, et de plus d'être d'un faible volume. Elles ont, en outre, l'avantage de fonctionner à volonté, comme machines soufflantes ou comme machines aspirantes, sans aucune modification, et en changeant simplement le sens du mouvement de rotation. Ceci les rend surtout propres à être employées, ainsi que l'a remarqué M. Motte, comme machines portatives de *sauvetage*, lorsqu'il faut pénétrer, à la suite d'accidents, dans des cavités infectées de *mofettes*, pour secourir des ouvriers asphyxiés. Dans ce cas, elles doivent généralement fonctionner comme machines soufflantes. Elles pourront être établies près de l'embouchure de la galerie infectée, en un point où le courant d'air général soit sain.

M. Motte a annoncé dans son Traité que sa vis pneumatique pouvait donner un effet utile égal aux 67/100es du travail dépensé. M. Combes, tout en la regardant comme réunissant toutes les conditions principales d'un bon appareil, ne croit pas qu'elle utilise beaucoup plus des 50/100es du travail moteur transmis à l'axe de rotation, mais que, sous le rapport de l'économie de ce travail moteur, elle est au moins aussi avantageuse que les grandes machines à piston.

Les effets d'une vis pneumatique n'ont aucune analogie avec ceux de la vis soufflante de M. Cagnard-Latour, appelée cagnardelle, laquelle, exécutant la moitié de sa révolution dans l'air, et l'autre moitié dans l'eau, puise par son orifice supérieur de l'eau et de l'air alternativement. L'air occupant toujours la partie la plus élevée de chaque spire, tandis que l'eau occupe la partie basse, descend de spire en spire, en se comprimant de plus en plus, sous les pressions des colonnes d'eau qui séparent les espaces occupés par l'air, et finit par sortir au bas de la vis pour passer dans le porte-vent.

« Lorsqu'on prend une simple vis, dit M. Combes dans son Supplément au Traité de l'Aérage des mines, qu'on la loge dans une cloison percée d'une ouverture cylindrique, et qu'on la fait tourner suivant le système de M. Motte, l'air qui remplit cette vis ne peut être délogé et ne peut circuler en sens inverse du mouvement de rotation imprimé à celle-ci, qu'en vertu de la pression déterminée par le choc de l'orifice antérieur de la vis sur l'air que cet orifice vient frapper, et du vide déterminé en arrière de son orifice postérieur, par suite du même mouvement. Il n'y a là aucun effet de force centrifuge, car l'air peut sortir de la vis à la même distance de l'axe de rotation où il est entré. »

Nous devons ajouter à ces observations les documents suivants, qui viennent de nous être adressés, sur notre demande, par M. Rainbeaux, et qui sont dus à M. Glépin, ingénieur très-distingué au Grand-Hornu, près Mons :

Cette vis (celle représentée sur les fig. 7 et 8, pl. 27), est établie sur le puits aux échelles de la fosse n° 1, du charbonnage de Sauwartan-sur-Dour.



Le diamètre intérieur du cylindre enveloppe S est de $1^{m}406$;

La longueur est de $0^{m}800$;

Celle du demi-pas de l'hélice, sur laquelle les deux cloisons en tôle qui forment la vis sont construites, est de.................... $0^{m}730$;

Le diamètre de cette vis, de.......................... $1^{m}400$;

Celui de son axe en fer, de........................... $0^{m}046$.

Le 21 janvier 1842, la vis débitait 3,908 mètres cubes d'air par seconde, à la température de 1°, et sous la pression de $0^{m}755$.

L'excès de pression de l'air extérieur sur l'air aspiré par la vis, était mesuré moyennement par une colonne d'air de $16^{m}87$, dont le poids, par mètre cube, était de 1,28 kilog.

Le travail utile de l'appareil était alors de :

$$3^{m.c.}908 \times 1^{k}28 \times 16^{m}81 = 84{,}388^{km}$$

$$84{,}388 \div 75^{k} = 1{,}12 \text{ chev.-vapeur.}$$

Et le nombre de révolutions complètes par minute était de 450 à 451.

La force motrice dépensée était de 3,37 chevaux-vapeur; par conséquent la vis réalisait environ 33 p. 100 du travail moteur transmis.

« Si l'effet utile de cet appareil n'est pas plus considérable, nous dit M. Glépin, je crois qu'on doit en attribuer la cause, en grande partie, à l'existence de deux courants, en sens inverse, qui ont lieu, l'un près de l'axe de la vis, et l'autre près de l'enveloppe, et qui se manifestent toujours, comme l'a démontré M. Combes (voir son Supplément au Traité de l'Aérage des mines, tome XVIII, 3e série), toutes les fois que le diamètre du noyau de la vis est trop faible.

« Les expériences que j'ai faites, ajoute M. Glépin, sur les ventilateurs à force centrifuge ne sont pas encore assez complètes pour que je puisse en tirer des conclusions exactes; mais dès qu'elles le seront, je m'empresserai de vous les communiquer. Je dois dire cependant, dès à présent, qu'il me paraît douteux que l'effet utile du ventilateur Létoret (décrit ci-dessus fig. 2 et 3), comme il est construit à Sainte-Victoire, dépasse 30 p. 100 du travail moteur dépensé pour le mettre en mouvement. »

M. Rainbeaux a bien voulu avoir l'obligeance d'ajouter, aux documents précédents, les données d'expériences faites également avec le concours de M. Glépin, sur les grandes machines soufflantes à piston, dont il nous a aussi adressé les dessins fort bien faits. Espérant que ces données paraîtront de quelque intérêt à plusieurs de nos abonnés, nous nous faisons un plaisir de les publier.

MACHINE ASPIRANTE A PISTON,

DE LA SOCIÉTÉ DU GRAND-BUISSON.

La force effective disponible de la machine motrice est de 25 chevaux.

Le diamètre intérieur des cuves est de 3m53;

La longueur de la course des pistons varie, suivant la vitesse de la machine, depuis 1m70 jusqu'à 1m90.

Le 25 janvier 1842, à la température extérieure de 0° et sous la pression barométrique de 0m7437, la machine rejetait dans l'atmosphère 6m.c.442 par seconde.

Le volume engendré par l'excursion des pistons, pendant l'expérience, était de 7m.c 267 par seconde.

La différence entre le volume jaugé et le volume calculé, tient aux pertes et à l'espace nuisible de la machine à piston.

L'excès de pression de l'air extérieur sur l'air aspiré par la machine était mesuré moyennement par une colonne d'air de 73m76 de hauteur.

Le poids du mètre cube d'air saturé de vapeur d'eau à 0°, et sous 0m7437, étant de 1,267 kilog., le travail utile de la machine à piston était, le jour de cette observation, de

$$6,442 \times 1,267 \times 73,76 = 602,03^{km}$$

$$602,03 \div 75 = 8,027 \text{ chev.-vapeur.}$$

La course des pistons était de 1m876;

Le nombre d'excursions complètes de chacun d'eux, de 11,88 par minute, et le travail moteur transmis de 21,28 chevaux-vapeur.

La machine à pistons réalisait alors 0,377 de la force motrice dépensée pour la mettre en mouvement.

La supériorité de ces résultats sur ceux fournis par la machine de l'Espérance, près de Liége (dont le compte-rendu est inséré dans le tome XV, 3e série, des *Annales des Mines*), tient à un meilleur état d'entretien de la machine du Buisson, à une construction plus parfaite, et principalement aux contre-poids que M. Rainbeaux a fait adapter aux clapets des pistons, pour en faciliter l'ouverture.

MACHINE A PISTON,

DE LA GRANDE VEINE DU BOIS DE SAINT-GHISLAIN.

La force effective disponible de la machine est de 10 chevaux.

Le diamètre intérieur des cuves est de 2m66;

La course des pistons varie, suivant la vitesse de la machine, depuis 1m60 jusqu'à 1m80.

Le 18 mai 1842, le volume d'air débité par la machine a été trouvé de

2m.c.615 par seconde, à la température de 13°, et sous la pression extérieure de 0m7511.

Le volume engendré par l'excursion des pistons était 3m.c.013 par seconde, à la même température, et sous la même pression.

La différence entre ces deux volumes tient encore aux pertes et à l'espace nuisible de la machine à pistons.

L'excès de pression de l'air extérieur sur l'air en mouvement dans la galerie souterraine, était mesuré moyennement par une colonne d'air de 27m63.

Le poids du mètre cube d'air saturé de vapeur d'eau, à la température et sous la pression précédentes, étant de 1kil.216, le travail utile de la machine à pistons était de

$$2{,}615 \times 1{,}216 \times 27{,}63 = 87{,}859^{km}$$

$$87{,}859^{km} \div 75 = 1{,}171 \text{ chev.-vapeur.}$$

La course des pistons était de 1m61, et le nombre d'excursions complètes (montée et descente) de chacun d'eux, de 15 dans 89 secondes, soit 10,112 par minute.

La force motrice dépensée était alors de 4,448 chevaux; par conséquent l'effet utile de la machine était équivalent à 0,26 du travail moteur transmis.

« La différence entre ce résultat et ceux de la machine du Buisson est considérable, observe M. Glépin, si l'on remarque surtout que les cuves et les pistons des deux machines sont construits de la même manière; mais elle s'explique facilement par le mauvais état d'entretien de la machine de la Grande-Veine, et par l'interruption de l'écoulement de l'air dans la galerie pendant une certaine partie de la course des pistons, interruption causée probablement par la difficulté d'ouverture des clapets qui sont placés au fond des cuves. »

GRANDE MACHINE

A MORTAISER, ALÉSER ET RABOTER LES MÉTAUX

PAR

M. CAVÉ, constructeur à Paris

(PLANCHES 28, 29 ET 30)

Depuis que M. Cavé a été appelé à construire pour la marine nationale des appareils à vapeur de grande puissance, il s'est trouvé, par cela même amené à disposer des machines-outils d'une dimension considérable, afin de pouvoir travailler avec avantage les plus grosses pièces. Ainsi, depuis la publication de la machine à raboter les métaux (Ier vol., pl. 9 et 10), il a achevé et ajouté dans son établissement les machines suivantes :

1° Un martinet mû par une machine à vapeur dont la force peut s'élever à 45 chevaux, pour forger les plus forts arbres, les manivelles, les bielles, les traverses et tiges de piston ;

2° Une belle et grande machine à raboter, à outil mobile, dont le banc a environ 12 mètres de longueur sur 4 mètres de large, semblable, quant au principe de construction, à celle que nous avons publiée ; il a ajouté depuis peu à l'un des porte-outils de cette machine un système qui permet d'aléser sur place et verticalement des trous percés dans les pièces mêmes à raboter ;

3° Un gros tour à chariot dont le plateau n'a pas moins de 3 mètres de diamètre, et les jumelles du banc en fonte ont 2 mètres d'écartement ;

4° Une machine à aléser verticale, pour l'alésage des grands cylindres, de 1 à 3 mètres de diamètre. Cette machine a cela de particulier, qu'elle est complétement enterrée dans une fosse profonde de plus de 5 mètres, en maçonnerie solide servant à recevoir les points d'appui à toute hauteur. Son mouvement principal est au-dessous du plateau ; celui du porte-outils est déterminé par deux vis de rappel logées dans l'arbre ;

5° Une machine à percer, à balancier mobile, pour percer et aléser des trous parallèles sans déranger la pièce. Cette machine est vraiment remarquable par son heureuse disposition, aussi rend-elle de grands services ;

6° La belle et forte machine à mortaiser que nous allons décrire, et qui permet non-seulement de pratiquer des rainures ou mortaises dans l'intérieur des pièces de fer ou de fonte, mais encore d'aléser ces mêmes pièces et de les raboter soit sur plat, soit sur champ.

Ainsi une manivelle, comme celle des fortes machines de bateau à vapeur, étant en fer corroyé, doit être travaillée, en sortant de la forge, sur tous les sens ; il faut qu'elle soit alésée au moyeu pour s'ajuster sur son arbre, et à l'œil pour recevoir le manneton qui la relie à la bielle ; il faut, de plus, pratiquer une ou plusieurs mortaises à son centre, puis la dresser non seulement sur ses faces, mais encore sur tout son contour latéral. On conçoit qu'il est avantageux pour le constructeur de pouvoir faire toutes ces opérations sur la même machine ; c'est ce que l'on obtient fort bien avec celle de M. Cavé.

De même une tête de bielle, une traverse de tiges de piston, doivent être alésées, puis dressées sur leur contour extérieur; il faut encore aujourd'hui pouvoir faire ces opérations sans déranger la pièce. Il y a ainsi une foule d'objets de petites comme de grandes dimensions qui peuvent être complétement travaillés sur une machine aussi heureusement combinée. Pouvant enlever à chaque coup de burin des copeaux de métal énormes, comparativement à ceux obtenus par la main de l'ouvrier, elle opère avec une rapidité extrême, et permet même d'éviter à froid des coudes de manivelle comme dans les arbres coudés des locomotives, par exemple, avec beaucoup plus d'économie qu'on ne le ferait à chaud à la forge, avec le secours du martinet.

Cette machine est donc réellement précieuse pour tout le travail qu'elle est susceptible de faire; aussi, dans un atelier important comme celui de M. Cavé, elle n'éprouve jamais de chômage ; elle se trouve constamment occupée. Ce constructeur a été chargé d'en faire plusieurs sur le même modèle pour les ateliers de la marine. Il en a également construit d'autres, d'une dimension plus considérable.

Nous aurions pu encore mentionner, parmi les machines-outils établies par MM. Cavé frères dans leurs propres ateliers :

1° Une petite machine à dresser les écrous, composée simplement d'une poupée de tour dont le plateau est disposé pour recevoir à son intérieur 12 et même 16 écrous sur une même circonférence, de manière à permettre de dresser, à l'aide d'un support à chariot, une face de tous ces écrous à la fois, comme si l'on tournait une même surface ;

2° Une petite machine à dresser la surface intérieure des chapes ou brides qui entourent les coussinets des têtes de bielles ; elle consiste aussi dans un plateau circulaire portant, sur sa circonférence et de chaque côté, plusieurs outils qui, dans leur mouvement de rotation, attaquent à la fois les deux faces intérieures de la bride, laquelle avance au fur et à mesure ;

3° Une petite machine à mortaiser, propre à terminer le dressage des parties circulaires des chapes, brides ou têtes de bielles, etc.;

4° Plusieurs machines à percer, verticales, d'une disposition très-simple et très-commode, et plusieurs autres outils divers.

En voyant tous ces appareils, on peut dire, sans crainte, que nous n'avons pas besoin de recourir aux mécaniciens anglais pour avoir de bons outils.

Ces constructeurs se sont aussi occupés de remonter sur une très-grande échelle leur fonderie de fonte, qu'ils séparent des ateliers de construction et de montage. Depuis ils ont opéré à la barrière de La Chapelle la translation de leur grand atelier de chaudronnerie, à la tête duquel s'est fait remarquer M. Lemaître, leur digne beau-frère, dont l'industrie déplore la perte récente.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MACHINE A MORTAISER.

PLANCHES 28, 29 ET 30.

L'objet principal de cette machine est évidemment de mortaiser ou de raboter verticalement l'intérieur ou l'extérieur des grosses pièces métalliques ; mais comme elle remplit aussi d'autres conditions qui la rendent applicable au travail d'une foule de pièces, nous devons diviser la description que nous nous proposons d'en donner en plusieurs parties distinctes, savoir.

1° Le mortaisage ou le rabotage vertical ;

2° L'alésage, qui est également vertical ;

3° Le tournage ou le rabotage circulaire horizontal.

Avant de décrire chacune de ces parties, nous croyons qu'il est utile de donner quelques explications sur la construction particulière du bâti de cette machine, qui est réellement d'une élégance et d'une solidité remarquables. Mais d'abord il est indispensable de dire un mot des différentes et nombreuses figures qui représentent l'ensemble et les détails de cet appareil, pour arriver à bien le comprendre.

La fig. 1 de la pl. 28 le montre en élévation de face sur la plus grande largeur.

La fig. 2 le fait voir en élévation latérale sur une face perpendiculaire à la précédente.

La fig. 3 est une vue de face de l'un des disques-manivelles et de la bielle qui transmettent au porte-outils un mouvement vertical.

La fig. 4 donne le tracé géométrique du mécanisme qui fait marcher la plate-forme et les plateaux rectangulaires inférieurs.

La fig. 5 donne les détails de l'un des coussinets qui conduisent la traverse du porte-outils dans la direction verticale.

La fig. 6 est une section horizontale faite à la hauteur de l'axe b' (fig. 2).

La fig. 7 de la pl. 29 représente une coupe générale faite par l'axe de la machine, parallèlement à la fig. 1, suivant la ligne 1-2 des plans.

La fig. 8 est une seconde coupe verticale, qui est également faite par l'axe, mais suivant un plan 3-4 perpendiculaire au précédent.

La fig. 9 montre en élévation et en coupe verticale la tête de l'une des bielles qui font marcher le porte-outils.

La fig. 10 est une section verticale d'un des disques-manivelles, faite suivant la ligne 13/14 du plan fig. 18, pl. 30.

La fig. 11 donne le plan et la coupe de l'écrou en cuivre qui est traversé par la vis de rappel k' (fig. 7 et 8).

La fig. 12 est le plan du collier en fer qui sert de support aux petits engrenages adaptés sur le sommet du porte-outils, et qui sont désignés sur cette figure par leurs cercles primitifs.

La fig. 13 est une section verticale de ce collier, suivant la ligne 15-16.

Les fig. 14 et 15 font voir le profil et la coupe transversale du chariot horizontal destiné au rabotage circulaire des pièces. Ces sept figures de détails sont dessinées à l'échelle d'un décimètre pour mètre.

La fig. 16 de la planche 30 est un plan vu en dessus du sommet de la machine.

La fig. 17 en est une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 5-6, fig. 1.

La fig. 18 montre une seconde section horizontale par l'axe de l'arbre moteur des disques-manivelles, suivant la ligne 7-8 (des fig. 1 et 7).

La fig. 19, une troisième coupe faite plus bas, suivant la ligne 9-10 (fig. 7 et 8).

La fig. 20, une quatrième et dernière coupe horizontale, faite au-dessus de la plate-forme circulaire, suivant la ligne 11-12.

Les fig. 21 et 22 donnent au 1/10e l'élévation et la coupe transversale de la vis sans fin qui engrène avec la plate-forme, de son axe et de ses supports.

Bati de la machine. — Ce bâti se compose de quatre pilastres cannelés A qui, fondus deux à deux avec des traverses horizontales et parallèles A′, forment deux forts châssis verticaux, dont l'écartement intérieur est de près de 2 mètres, et dont la hauteur n'est pas moins de 2m 850. Il est aisé de voir par les plans, fig. 19 et 20, que la section de ces pilastres n'est autre qu'une équerre dont les deux côtés sont à angle droit et à cannelures demi-circulaires sur les faces extérieures. Leur base est carrée et repose sur un massif solide en pierres de taille et maçonnerie. Des pattes ou oreilles sont ménagées aux extrémités et vers le milieu pour recevoir les châssis quadrangulaires V, X et N′, dont la forme et la construction sont bien déterminées par les différents plans.

Sur le châssis le plus élevé repose le chapiteau en fonte B, qui, composé de quatre branches courbées, se trouve surmonté d'une corniche rectangulaire qui termine bien l'appareil. Comme enjolivement, M. Cavé a fait poser, sur les parties inclinées des quatre branches, des dauphins coulés en fonte, sans doute comme hommage à la marine, pour laquelle il a construit plusieurs machines semblables.

Ce chapiteau n'est pas composé d'une seule pièce : les deux côtés les plus larges ont été coulés séparément, mais avec leurs branches corres-

pondantes; des parties intermédiaires, fondues avec les coulisseaux verticaux z, et portant à l'intérieur des oreilles (fig. 16), réunissent le tout avec des boulons; et comme ces coulisseaux se terminent à la base par des empattements qui se fixent aussi sur le châssis V, il en résulte que le système forme un seul corps tout à fait solide. Ces coulisseaux ont dû être fondus séparément, afin de pouvoir être facilement dressés à l'intérieur, pour servir de guides aux glissières qui doivent conduire la traverse horizontale v, dont il sera fait mention plus loin.

Au centre du même châssis V, et de celui de dessous X, sont ajustés des coussinets en bronze bien alésés suivant l'axe vertical de la machine, pour maintenir le porte-lames C, soit lorsqu'il mortaise, soit lorsqu'il tourne ou qu'il alèse. Des évidements y sont aussi ménagés dans les différentes parties, soit comme allégissement, soit pour livrer passage à plusieurs pièces mobiles de la machine. Enfin ils reçoivent les coussinets de plusieurs axes de communication de mouvement.

Le châssis inférieur N′ forme en même temps plateau fixe pour porter les plaques ou plateaux mobiles qui font avancer les pièces à travailler. Il a été préalablement dressé avec beaucoup de soin sur sa face horizontale, sur laquelle glisse le plateau N entre les deux coulisseaux fixes n^7.

MÉCANISME POUR LE MORTAISAGE

OU LE RABOTAGE VERTICAL.

Construction de l'arbre porte-outils vertical. — L'une des pièces importantes de la machine est évidemment l'arbre porte-outils. M. Cavé, voulant arriver à le faire servir non-seulement pour mortaiser et raboter, mais encore pour tourner et aléser, lui a donné une disposition fort simple et très-convenable pour ce double but; ce n'est autre qu'un arbre vertical C, en fonte, creux et cylindrique dans toute sa hauteur. Maintenu par les coussinets ajustés au centre des châssis V et X, il ne peut que suivre une direction parfaitement rectiligne et verticale dans la marche alternativement ascensionnelle et descensionnelle qu'il doit avoir.

Il est alésé à sa partie inférieure pour recevoir la tige cylindrique F, que nous appellerons le petit porte-lames de rechange, parce qu'elle varie de formes et de dimensions, suivant le travail qu'elle a à faire. Sur la fig. 1, où l'on suppose raboter verticalement le contour extérieur d'une manivelle Z, et sur la fig. 2, où une mortaise est supposée faite dans la même pièce, l'outil o', qui doit effectuer ces deux opérations, est ajusté dans une rainure verticale pratiquée sur ce porte-lames, et y est retenu par une bague en fer o^2, que l'on serre à volonté à l'aide d'une vis de pression.

Cet outil o' présente, quant à sa forme, beaucoup d'analogie avec le bec-d'âne du menuisier; on lui donne seulement des dimensions sensiblement plus considérables : travaillant par bout, il est nécessairement très-solide,

et peut enlever de forts copeaux de métal. Cependant il y a des cas où l'on est obligé de lui donner une grande longueur, comme lorsqu'on veut faire une rainure ou mortaise dans l'intérieur d'une pièce profonde, et dont le diamètre ne permet pas d'y laisser pénétrer le porte-lames; il est alors susceptible de vibrer ou de fléchir, ce qui fait faire le commencement de la rainure un peu en biseau. C'est un inconvénient de fort peu d'importance, du reste, car il n'est pas très-sensible, surtout si on a le soin de donner moins de fer, c'est-à-dire de faire moins mordre l'outil à chaque passe.

La tige faiblement conique du porte-lames F est ajustée à la partie inférieure de l'arbre C, et fixée par une clavette qu'il suffit d'enlever lorsqu'on veut le changer ou le remplacer par un autre propre à l'alésage ou au rabotage, comme on l'a supposé sur la fig. 8 de la pl. 29.

Mouvement vertical du porte-outils. — La disposition adoptée par le constructeur pour transmettre à l'arbre porte-outils une marche rectiligne dans la direction même de son axe, est simple, solide, et telle surtout qu'elle permet de prendre la puissance nécessaire pour attaquer la pièce, en enlevant beaucoup de fer à la fois, sans risque de rupture et sans craindre que la courroie de commande ne glisse sur sa poulie motrice. Ainsi, à l'extrémité d'un arbre de couche Y, qui règne sur la plus grande largeur de la machine, est montée une forte poulie en fonte tournée H, qui n'a pas moins de 1m22 de diamètre extérieur, sur 0m12 de largeur. Sur le même arbre sont aussi montés deux pignons droits K', de 0m11 de diamètre, qui engrènent respectivement avec les roues en fonte K, lesquelles portent 0m88 de diamètre : ainsi, le rapport entre ces dernières et les pignons qui les commandent est comme 8 : 1.

Ces roues K sont placées sur les axes en fer P, qui sont tous deux sur une même ligne horizontale perpendiculaire, et dans le même plan avec l'arbre porte-outils; ils sont supportés par des coussinets f', placés au-dessus du châssis supérieur V. Deux plateaux circulaires en fonte Q sont adaptés à une extrémité de ces axes, et symétriquement de chaque côté de l'arbre C; une coulisse est ménagée sur un diamètre de chacun de ces plateaux, pour recevoir un glissoir ou coulisseau *i*, bien dressé sur toutes ses faces, et que l'on retient en un point quelconque par un boulon (voy. fig. 3, pl. 28, et 18, pl. 30). Deux bielles en fer forgé U viennent s'adapter aux plateaux par les goujons inférieurs *i'*, en se rapprochant ou en s'écartant plus ou moins de leur centre, suivant la place donnée aux coulisseaux. Ainsi, en tournant, les plateaux font exactement l'office de deux manivelles variables de rayon, suivant la position des goujons *i'*, qui la relient à la partie inférieure des bielles. La tête de celles-ci s'assemble sur une traverse unique et horizontale *v*, en fer forgé; par conséquent, elles communiquent à cette dernière un mouvement rectiligne qui est exactement vertical, parce qu'elle est guidée dans sa marche par deux coussinets *x*, qui glissent dans les guides en fonte *z*, boulonnés par leurs extrémités sur le bâti de l'appareil.

Au centre de la même traverse est adaptée une tige filetée k', dont on verra le principal objet dans l'opération de l'alésage et du tournage, mais qui, pour le mortaisage, ne sert qu'à réunir la traverse avec l'arbre porte-outils, comme le montre la coupe verticale fig. 7. Ainsi, on voit maintenant comment le mouvement de rotation de la poulie de commande H est transformé d'abord en un mouvement beaucoup moins rapide, puis en un autre rectiligne, qui est communiqué à l'arbre porte-outils.

Or, il est aisé d'estimer quels sont les rapports de vitesse qui existent entre ces mouvements, dans un travail continu, comme celui qui consiste à raboter de la fonte ou du fer, en sachant par avance la vitesse qu'il convient de donner à l'outil dans les différents cas. Nous avons déjà dit que l'on compte en général sur une vitesse moyenne de 8 centimètres par seconde, soit lorsqu'un outil tourne des pièces de fonte extérieurement, soit lorsqu'il dresse en planant ou en mortaisant. Si donc on suppose que la hauteur de la pièce à mortaiser, telle que la manivelle Z qui est montée sur la machine (fig. 1 et 2), soit de 23 centimètres, comme il faut que l'outil dépasse un peu cette hauteur, surtout au-dessus, on peut, sans crainte, mettre la course de l'outil à 26 centimètres. Cet espace pourra donc être parcouru moyennement en

$$26 : 8 = 3,25 \text{ secondes};$$

et comme il faut compter le même temps pour remonter, il en résulte que les plateaux Q devront faire une révolution entière en 6 secondes et demie; par conséquent ils feront en une minute 9,23 tours. Mais ces plateaux tournent 8 fois moins vite que le pignon K' et la poulie motrice, le nombre de tours de ceux-ci ne sera donc pas moins de

$$9,23 \times 8 = 73,84.$$

La circonférence de la poulie H est de

$$1,22 \times 3,1416 = 3^{m}832.$$

La vitesse par seconde à sa circonférence est donc de

$$3,832 \times 73,84 : 60 = 4^{m}716.$$

Ainsi la vitesse à donner à la courroie motrice est près de 60 fois plus grande que celle transmise à l'outil. Avec une telle disposition, il est aisé de comprendre que la courroie à laquelle on peut donner déjà environ 10 centimètres de large, et qui embrasse la poulie sur une étendue de près de 2 mètres, ne peut évidemment glisser sur elle, quel que soit d'ailleurs l'effort demandé par le burin, lequel effort peut s'élever à 1 cheval-vapeur, suivant l'épaisseur du métal enlevé à chaque coup.

On peut concevoir, d'après cela, comment, avec une telle machine, on détache avec l'outil des copeaux de fonte et même des copeaux de fer de 4 à 5 millimètres d'épaisseur sur une largeur qui est aussi 4 à 5 fois plus grande. Il est important du reste, aujourd'hui que l'on exécute ces énormes

appareils, dont plusieurs pièces ont des dimensions si monstrueuses, il importe, disons-nous, que les outils qui doivent les travailler soient assez puissants pour enlever de forts copeaux à la fois, sans quoi il serait impossible aux mécaniciens de les construire avec quelque chance de bénéfice. Ainsi, par exemple, si l'on examine une manivelle des machines d'un appareil de 450 chevaux, tels que ceux qui ont été construits par M. Cavé, elle a, toute finie :

1m140 de rayon, mesure d'un centre à l'autre;
0 820 diamètre au moyeu qui embrasse l'arbre;
0 430 épaisseur à ce moyeu;
0 480 diamètre de l'ouverture ou de l'arbre;
0 520 diamètre au manneton;
0 335 épaisseur à ce manneton;
0 280 diamètre intérieur;
0 240 épaisseur au milieu du corps;
0 435 largeur vers ce milieu.

Comme une telle manivelle est en fer corroyé, provenant d'un grand nombre de bandes réunies et soudées ensemble au martinet, il serait trop long et trop coûteux de chercher seulement à approcher de ces dimensions par le martelage. Aussi, en sortant de la forge, elle présente, on peut le dire, une masse presque informe, ou au moins tellement grossière, qu'il faut la travailler dans tous les sens pour la rendre ce qu'elle doit être réellement. Dans ce travail, la machine à mortaiser joue un très-grand rôle, et celle de M. Cavé présente ce précieux avantage de permettre de la dresser sur toutes ses faces, de l'aléser et de la rainer. Il n'est pas rare que l'on ait quelquefois 3 à 4 centimètres d'épaisseur de métal à enlever dans certaines places. Pour les ouvertures mêmes, comme elles viennent de forge proportionnellement beaucoup plus petites qu'elles ne devraient l'être, on les agrandit d'abord par l'outil à mortaiser, avant d'y passer l'alésoir, parce que l'opération se fait plus rapidement.

Sans doute il faut dépenser plus de force motrice pour enlever ainsi à froid une grande quantité de fer sur une forte pièce qui a été mal rendue, comme *forme*, à la forge; mais cette dépense est incomparablement bien moindre que celle que l'on serait obligé de faire en hommes et en combustible, si l'on voulait les parer entièrement, c'est-à-dire les achever plus parfaitement au feu. On aurait de plus le grave inconvénient de risquer bien plus souvent de *brûler* la pièce en chauffant beaucoup trop certaines parties. Ce à quoi l'on doit plus particulièrement s'attacher pour la confection de ces manivelles, comme des arbres, des bielles, des traverses de piston, etc., c'est au corroyage, à la soudure de toutes les barres entre elles, et qui doit exister aussi bien au cœur qu'à la circonférence. Chez M. Cavé, qui a acquis, dans ce genre de travail, une bonne renommée, on l'exécute de manière à ne rien laisser à désirer. Toutes ces grosses pièces

sont chauffées dans un four à réverbère, ce qui est beaucoup plus convenable que dans un foyer de forge, quelque grand qu'il soit, parce que la chaleur y est plus constante, et qu'elle peut pénétrer plus régulièrement dans toutes les molécules de la pièce; c'est un point capital pour obtenir de bonnes et fortes soudures.

Les disques-manivelles Q portent 0^m685 de diamètre extérieur; la plus grande distance à laquelle on puisse fixer les goujons i' de leur centre est de 0^m280; par conséquent, le diamètre du cercle décrit par ces goujons ou de la plus grande course verticale du porte-outils, est de

$$0{,}28 \times 2 = 0^m56.$$

Pour les appareils les plus puissants construits jusqu'ici en France, nous ne croyons pas qu'on ait eu besoin d'avoir à mortaiser ou à raboter des pièces d'une aussi forte épaisseur. Cependant la dernière machine que M. Cavé vient de construire dans les ateliers de la marine, et qui est en tout point un tiers plus forte que celle que nous avons représentée, permet d'obtenir une course sensiblement plus considérable. On sait que la marine veut entreprendre l'exécution d'un appareil de bateau bien supérieur en puissance à tout ce qui a été fait chez nous.

Moyen de régler la course et la position du porte-outils. — Il est évident qu'en variant la place des goujons i' sur les disques pour changer la longueur de la course, il faut en même temps modifier leur vitesse de rotation, et, par suite, celle de la poulie motrice, pour conserver à l'outil à peu près sa marche habituelle. A cet effet, l'arbre de couche de l'atelier, qui doit transmettre le mouvement du moteur, porte plusieurs poulies de différents diamètres qui permettent d'arriver à cette modification d'une manière fort simple. On doit aussi, en réglant la course du porte-outils, déterminer sa position exacte par rapport à la pièce à travailler, ce qui est extrêmement commode, au moyen de la vis de rappel k', qui lie la traverse supérieure v à l'arbre vertical C. Pour pouvoir opérer la manœuvre de cette vis avec facilité, le constructeur a adapté sur sa tête, au-dessus de la traverse une roue droite dentée J, avec laquelle engrène constamment un long pignon vertical s, dont l'axe se prolonge plus bas pour porter vers la partie inférieure une petite roue sur laquelle passe une chaîne sans fin h' qui se rend horizontalement sur une autre petite roue semblable fixée au sommet de la tringle l (fig. 1, pl. 28, et fig. 18, pl. 30). Cette tringle descend à la portée de l'ouvrier, et porte à son extrémité inférieure une manivelle k, à l'aide de laquelle il peut la faire tourner rapidement, soit à droite, soit à gauche, suivant qu'il veut faire remonter ou redescendre le porte-outils. Nous devons remarquer que pour effectuer ce changement, on règle d'abord la course au moyen des glissoirs i, comme on l'a vu plus haut, puis on fait tourner les disques de manière que les bielles et leurs goujons i' se trouvent dans une direction verticale; il en résulte qu'en faisant tourner la vis de rappel k', celle-ci ne peut ni monter

ni descendre; c'est son écrou incrusté au sommet de l'arbre C qui marche, et avec lui le porte-outils.

Chariot portant les pièces a travailler. — Dans la machine qui nous occupe, le système de chariot adopté par M. Cavé pour recevoir les pièces à dresser et leur communiquer un certain mouvement, est disposé de telle sorte qu'il permet de les faire marcher soit circulairement, soit dans deux directions rectilignes et perpendiculaires l'une à l'autre; or, en combinant ces mouvements entre eux, il est facile de raboter suivant des courbes quelconques. Ce système consiste en :

1° Une plate-forme circulaire en fonte L qui est destinée à porter la pièce à mortaiser. Dressée sur ses deux faces horizontales avec beaucoup de soin, elle est garnie d'entailles ou rainures disposées suivant des rayons, et propres à recevoir des boulons qui doivent y assujétir la pièce. On fait préalablement reposer cellle-ci sur des cales en bois l' et l^2 (fig. 1 et 2), réduites à l'épaisseur convenable. Le pourtour extérieur de cette plate-forme est taillé en gorge et suivant une denture hélicoïde, très-exactement faite, avec laquelle on fait engrener une vis sans fin j;

2° Une large et forte plaque rectangulaire en fonte M, sur laquelle est assise la plate-forme précédente, et dont la douille, exactement tournée, la traverse à son centre, où elle est elle-même alésée avec soin. Cette plaque est aussi bien dressée sur toutes ses faces et évidée à l'intérieur. Elle doit marcher dans le sens de la plus grande largeur de la machine. A cet effet, elle est ajustée à queue d'hironde entre deux forts coulisseaux parallèles n', et renferme dans son intérieur une vis de rappel p', qui est aussi parallèle aux coulisseaux;

3° Enfin un grand plateau N, portant à son tour la plaque précédente, et reposant sur le châssis inférieur N', qui fait corps avec le bâti de l'appareil. Ce plateau doit marcher dans une direction perpendiculaire à celle de la plaque, et pour cela, il est mobile entre deux coulisseaux fixes n''. qui sont aussi exactement placés sur des lignes perpendiculaires au précédents n' et assujétis sur le châssis N'. Il renferme également une vis de rappel q', qui sert à le faire marcher dans cette direction.

Mouvement de chacune des pièces du chariot. — L'axe de la vis sans fin j, qui engrène avec la plate-forme dentée L, se prolonge de chaque côté, et en dehors des coussinets à équerre qui le reçoivent. Il porte deux roues à rochets e, dans l'une desquelles on fait engager un cliquet en fer e^2, assemblé à charnière avec le levier à fourche f (pl. 28). Celui-ci est libre autour de l'axe, et porte vers l'extrémité une douille g^2, que l'on y retient par une vis de pression, et qui s'assemble à rotule avec la partie inférieure de la tringle g, dont elle doit recevoir un mouvement alternatif. Cette tringle g est en deux parties; celle supérieure est creuse, pour recevoir une tige plus petite g' qui en forme le prolongement de manière à permettre de régler leur longueur totale avec facilité, selon les besoins, et proportionnellement à la course que l'on veut donner au levier à fourche f

La tige g' s'adapte par son sommet en un point du levier à bascule et à coulisse j', dont le point d'appui h^2 se trouve sur la corniche de l'un des pilastres A, fig. 2.

Au bout de l'un des arbres de couche P est montée une manivelle p' qui se termine par un galet cylindrique, lequel, à chaque révolution, fait basculer le levier j', et détermine par suite la marche de la roue à rochet e, de la vis de rappel et de la plate-forme dentée (fig. 2 et 4). Un contrepoids h, adapté vers l'autre extrémité du levier j' tient équilibre à une partie du système.

La seconde roue à rochet e qui est placée à l'autre bout de l'axe de la vis sans fin j, est destinée à recevoir un mouvement semblable que l'on pourrait produire en sens contraire, en transportant les tringles et leviers vers la gauche (fig. 2). On peut aussi au besoin s'en servir pour faire marcher la vis à la main, ou la remplacer par une manivelle.

Cette vis de rappel, et par conséquent la denture de la plate-forme, ont environ 36 millimètres de pas, et la roue à rochet e porte 24 dents; si donc on admet que le cliquet prenne à chaque coup une dent, la vis ferait 1/24e de tour, et par conséquent la plate-forme marcherait de

$$36/24 = 1,5 \text{ millimètre.}$$

On peut aisément modifier cette quantité en plus ou en moins, soit en changeant la roue à rochet, soit en variant le point de suspension de la tige g' dans la coulisse du levier j', ce qui varie évidemment la course du levier à fourche f, quoique celle du premier reste constante. Comme en général dans le mouvement circulaire on peut marcher rapidement, on règle souvent le mécanisme pour faire tourner la vis de rappel de 1/12e, et même de 1/6e de tour, ce qui fait avancer la plate-forme de 3 à 6 millimètres par chaque révolution des plateaux à manivelle.

Si, au lieu de faire tourner la pièce à dresser circulairement, on voulait au contraire, la faire marcher, soit dans le sens de la longueur, soit dans le sens de la largeur de la machine, il faudrait appliquer le mécanisme précédent à l'une ou à l'autre des vis de rappel p' et q', ce qui devient assez facile, si l'on remarque que la douille g^2 est assemblée à rotule avec le bas de la tringle g, et que la longueur de celle-ci est variable. Ainsi, en transportant la roue e sur le bout de la vis q', par exemple, il suffirait de rallonger la tringle g, qui seulement agirait dans une direction légèrement inclinée, au lieu d'être verticale. Cette vis q' étant supportée par des coussinets à demeure sur le châssis N', fait avancer l'écrou en cuivre qu'elle traverse et qui est adapté sous le plateau mobile N.

De même, pour faire tourner la vis p', on transporterait la roue e à son extrémité, et on placerait le levier à fourche dans une direction perpendiculaire à celle qu'il occupe sur le dessin fig. 1 et 4, ce qui lui est permis par le système à rotule de la douille g^2. Cette vis est aussi supportée par des coussinets qui sont rapportés sur le plateau N, et son écrou est adapté

à l'intérieur de la plaque M ; par conséquent lorsqu'elle tourne, soit dans un sens, soit dans l'autre, elle fait avancer ou reculer celle-ci.

MÉCANISME POUR L'ALÉSAGE INTÉRIEUR DES PIÈCES.

Construction du porte-lames. — Quelle que soit l'opération que l'on veuille effectuer sur la machine que nous décrivons, l'arbre principal C est toujours en jeu; seulement il reçoit des mouvements différents. Ainsi nous avons vu que pour mortaiser ou raboter verticalement, on le fait monter et descendre ; mais pour aléser, il faut le faire tourner sur lui-même. On remplace dans ces derniers cas, le porte-lames F que l'on a vu sur les fig. 1 et 2, par un autre F′ (fig. 9, pl. 29), qui en diffère peu évidemment, mais qui, au lieu de recevoir un bec-d'âne sur le coté, est traversé vers sa partie inférieure, de part en part, par une lame d'acier o^3 que l'on dispose soit pour travailler d'un seul bout, comme sur le dessin, soit plutôt pour attaquer des deux bouts à la fois, comme on doit le faire le plus souvent. Il est vrai qu'alors il faut que la lame ait exactement la longueur du diamètre même du trou que l'on veut obtenir après l'alésage. Le second porte-lames est évidemment ajusté au bout de l'arbre, de la même manière que le premier; la lame n'y est retenue que par une clef qui la serre en dessus.

Mouvement circulaire du porte-outils. — Pour communiquer à l'arbre C un mouvement de rotation continu, le constructeur a suivi le principe qu'il avait déjà adopté antérieurement sur des machines à aléser spéciales qui fonctionnent encore à l'établissement. Il a appliqué sur cet arbre une roue horizontale en fonte E, dont le diamètre est de 1m40, et qui engrène avec un fort et long pignon cylindrique D, évidé à l'intérieur et monté sur un axe vertical en fer, qui pivote par le bas sur une crapaudine rapportée au bâti, et qui est retenue par le haut au moyen d'un collier I′ (fig. 1 et 2, pl. 28, et fig. 18, pl. 30). Le diamètre de ce pignon est de 0m25; ainsi son rapport avec la roue qu'il commande est

$$: : 25 : 140 \text{ ou } 1 : 5,6;$$

par conséquent pour un tour de celle-ci, il doit en faire 5,6. A sa base supérieure, il porte une roue d'angle p qui lui est solidaire et avec laquelle on peut faire engrener un pignon d'angle à douille a, ajusté sur l'arbre de couche en fer I, qui se prolonge sur toute la largeur de la machine.

Cet arbre porte d'un bout un cône G ou poulie à trois diamètres, par laquelle il reçoit son mouvement du moteur ; il est reçu vers ses extrémités par des chaises en fonte munies de coussinets et rapportées au-dessous des traverses supérieures A′. Quand il doit communiquer son mouvement au porte-outils, on fait embrayer le pignon a avec la roue p, au moyen de la tige à embase c (fig. 1). Cette tige montée sur l'axe horizontal b', fait l'office de fourchette d'embrayage, parce que son embase s'engage dans la gorge cylindrique du pignon a. Or, au bout de l'axe b', en dehors

de l'une des brides c^2 qui le retiennent contre deux des pilastres du bâti, est assemblé à charnière un manche vertical *b*, en fer méplat, terminé par une poignée et agrafé dans l'une des encoches de la patte *a'* qui est adaptée à un pilastre (fig. 1 et 2). Il est évident qu'en faisant passer le manche *b* de droite à gauche, de manière à l'engager dans la première encoche de la patte *a'* la tige *c*, par l'oscillation de l'axe *b'*, sur lequel elle est montée, passera de gauche à droite, et par conséquent fera engrener le pignon *a* avec la roue *p*. Ce changement peut évidemment s'effectuer pendant la rotation même de l'arbre de couche I.

Comme l'arbre porte-outils est très-fort, puisqu'il n'a pas moins de 22 centimètres de diamètre, on conçoit que l'on puisse s'en servir pour aléser des cylindres de grand diamètre, mais dont la hauteur serait toutefois limitée par la distance qui existe entre le plateau L et le châssis du milieu X, laquelle est de 0m90. Il suffirait en effet d'ajuster à la partie inférieure de cet arbre, au lieu du porte-lames F', un manchon portant plusieurs burins convenablement disposés, comme on le fait du reste sur toutes les machines à aléser, et comme on l'a vu sur la pl. 40 du tome 1er. Avec ce système, on pourrait sans crainte aléser des ouvertures de 0m80 à 1 mètre de diamètre. Il faut évidemment varier la vitesse de l'alésoir, proportionnellement aux diamètres des cylindres, pour que la vitesse à la circonférence des burins soit à peu près constante et égale à 4 ou 5 centimètres par seconde. On change donc au besoin soit les poulies G, soit celles qui se trouvent sur l'arbre de commande, afin d'approcher, autant que possible, de ces données.

Mouvement vertical du porte-outils pour l'alésage. — Lorsque l'arbre C doit servir comme alésoir, la pièce à aléser est complétement fixe; on l'assujétit sur son plateau L, qui reste immobile, au moyen de cales ou boulons, comme lorsqu'on la mortaise ; c'est l'arbre alors qui doit descendre successivement, et avec une vitesse d'ailleurs très-lente et proportionnelle à sa marche rotative. Le mécanisme adopté par M. Cavé pour produire ce mouvement descensionnel est simple, peu dispendieux, et n'est pas embarrassant.

Au sommet même de l'arbre porte-outils est ajusté un canon en fonte O, que deux clavettes y retiennent en passant de chaque côté de la vis de rappel *k'*. Ce canon présente à sa base supérieure un cercle denté qui fait l'office de roue d'engrenage, avec laquelle on fait engrener une roue droite *q* (fig. 17, pl. 30), qui est moindre de diamètre et ajustée libre sur un goujon vertical qui porte aussi le petit pignon *s'*, lequel commande à son tour une autre roue droite *t*, qui est également ajustée libre sur un goujon pareil au précédent. Cette dernière roue est aussi solidaire avec un second pignon *u* de 8 dents, semblable au premier, et engrenant avec la grande roue droite T, au centre de laquelle est logé un large écrou en cuivre, dont l'embase inférieure est prise entre le sommet de l'arbre et la feuillure intérieure du canon O, comme le montrent les coupes verticales fig. 7 et 8.

Les goujons des roues intermédiaires q et t et de leurs pignons, sont assujétis sur une bride en fer o en deux pièces (fig. 12 et 13), liées entre elles autour du canon O ; mais, afin de ne pas être entraînée avec celui-ci, dans son mouvement de rotation, elle porte une patte traversée par la tringle verticale R, qui, retenue par ses deux extrémités au bâti (fig. 8), sert de guide à la bride dans sa marche descensionnelle ou ascensionnelle.

Il résulte de la disposition de ce mécanisme, que l'arbre vertical C, en tournant, entraîne dans sa rotation le canon O, et par suite le cercle denté qui est fondu avec lui. Ce dernier fait donc aussi tourner la roue intermédiaire q, et par suite les deux autres t et T. Or, les rapports entre toutes ces roues et leurs pignons sont tels, que pour une révolution de l'arbre C, la grande roue T et son écrou ne peuvent faire que $0^m 032$. Mais le pas de la vis de rappel k' qui traverse l'écrou est de 16 millimètres ; comme elle est fixe lorsquelle sert pour l'alésage, elle fait donc marcher cet écrou et l'arbre d'une quantité égale à

$$0{,}032 \times 16 = 0{,}512,$$

c'est-à-dire que la marche descensionnelle du porte-outils est environ 1/2 millimètre pour chaque révolution qu'il parcourt. On peut évidemment varier ce degré de pression des lames ou des burins, en changeant les pignons ou les roues intermédiaires, ce qui est permis par les coulisses ou rainures ménagées dans la bride qui porte leurs axes.

Il est inutile d'observer que l'on a dû, avant de commencer l'opération de l'alésage, régler convenablement la position des plateaux-manivelles et des bielles U, de manière qu'elles ne puissent bouger, afin que la vis de rappel soit elle-même maintenue dans une position invariable.

Moyen de remonter le porte-outils. — Lorsque la pièce qui doit être alésée est en place, il faut déterminer la hauteur convenable à laquelle le porte-outils doit être élevé, pour que la lame ou les burins se trouvent immédiatement au-dessus de l'entrée supérieure de cette pièce. De même, quand l'alésage est terminé, il faut remonter le porte-outils pour dégager la lame et la pièce. On fait usage, à cet effet, de la roue à dents héliçoïdes d, qui a été rapportée à la base inférieure du gros pignon D, et avec laquelle on embraye alors une vis sans fin dont l'axe d' porte une manivelle d^2, que l'on peut tourner très-rapidement à la main. Il est à remarquer que l'axe de cette vis est porté d'un bout par le manche b, au milieu duquel est justement ménagé un renflement percé, et à l'autre extrémité, par le levier c', qui est lui-même suspendu à l'arbre b'. Il en résulte que lorsqu'on débraye le pignon a, en poussant le manche c de gauche à droite, pour lui faire occuper la position inclinée qui est représentée sur la fig. 1, on embraye, en même temps, la vis sans fin avec la roue dentée d, et de même quand on embraye le pignon a avec la roue p, on débraye, au contraire, la vis sans fin. Cette disposition est, comme on le voit, fort ingénieuse et très-commode.

MÉCANISME POUR TOURNER OU RABOTER CIRCULAIREMENT.

Chariot horizontal a vis de rappel. — Pour rendre la machine plus utile encore, et susceptible d'un plus grand nombre d'opérations, le constructeur y a fait l'application d'un mécanisme qui permet de tourner les pièces mêmes sur place. Ce mécanisme est fort simple et présente beaucoup d'analogie avec celui qui a été décrit pl. 31, t. 1er ; seulement il est construit dans des dimensions évidemmemt plus considérables que celles de ce dernier. Il consiste simplement en un chariot en fonte A^2 (fig. 7) que l'on attache avec la plus grande facilité, par le collier qui le termine, autour de la partie inférieure de l'arbre porte-outils. Une vis de rappel à filets carrés B′ est logée dans son intérieur, soutenue par ses extrémités, et traversant un écrou en cuivre (fig. 15), contre la face verticale duquel on boulonne un plateau dressé E′ pour y retenir, par deux brides en fer, l'outil qui doit tourner ou raboter.

Ce chariot reçoit évidemment ainsi le mouvement de rotation que lui transmet l'arbre vertical C, qui est alors commandé de la même manière que lorsqu'il doit effectuer un alésage, c'est-à-dire par le pignon D et la grande roue E. Une étoile à plusieurs dents C′, montée au bout de la vis de rappel, sert à faire avancer l'écrou et l'outil d'une quantité donnée à chaque révolution de l'arbre ; il suffit de planter sur un point d'un des pilastres A, une pièce d'arrêt G′, contre laquelle l'une de ses dents vient butter, pour la faire marcher d'un 6e ou d'un 8e de tour.

Comme la vitesse à la circonférence ne peut être la même dans ce cas, puisqu'elle augmente nécessairement pour un même nombre de tours à mesure qu'on s'éloigne du centre de l'arbre C, il importe de changer de temps en temps la vitesse de l'arbre de commande I, pour ne pas trop fatiguer le burin et faire un travail convenable.

Plusieurs des pièces de la machine même, telles que les plateaux mobiles M et N, ont pu être facilement dressées par ce mécanisme, et sur place, ce qui est d'autant mieux qu'on est plus certain de l'existence de leur surface horizontale. C'est ainsi, du reste, que l'on a opéré pour les plateaux de la forte machine construite pour les ateliers de la marine. Sur le dessin fig. 7, on suppose que le chariot est en train de dresser la surface d'un plateau de fonte circulaire L′; mais il est évident que toutes les fois qu'on peut monter de telles pièces sur un tour, il doit toujours être préférable de le faire, parce qu'on travaille plus rapidement par cela même que la pièce est alors mobile et que l'outil est fixe.

MACHINES

A FAIRE LES BRIQUES, TUILES ET CARREAUX

PAR

M. CARVILLE aîné, à Issy, près Paris

ET PAR

M. CAPOUILLET, de Mons, en Belgique

(PLANCHE 31)

La fabrication des briques est d'une telle importance, et tellement répandue aujourd'hui dans les constructions, que de toutes parts on a dû chercher à l'améliorer, soit pour la rendre moins coûteuse, soit pour la multiplier encore, s'il est possible. Aussi, depuis longtemps on s'est occupé de faire ce travail mécaniquement, et un grand nombre de machines plus ou moins ingénieuses ont été proposées et mises à exécution pour atteindre ce but. Mais, soit que le prix de la fabrication à la main se trouve dans certaines localités, très-peu élevé, soit que l'on y ait acquis une assez grande habitude pour réduire la main-d'œuvre notablemement, soit aussi que les procédés mécaniques n'y soient pas assez avancés, on peut dire que dans bien des contrées on fabrique toujours manuellement, et que c'est avec peine que les machines commencent à s'y introduire.

Il faut reconnaître aussi que les difficultés que l'on rencontre pour la division, le mélange, le corroyage et le rebattage des terres ne sont pas les mêmes partout. Ainsi, dans telles localités on trouve des argiles ou des glaises dont la ténacité et la consistance saponiforme sont plus grandes que dans d'autres ; il en résulte, par suite, que les moyens mécaniques employés dans celles-ci sont tout à fait insuffisants dans les premières.

La Société d'encouragement a tellement compris l'importance qu'il y aurait pour l'industrie à perfectionner cette fabrication, et surtout à en rendre les procédés applicables dans toutes les contrées, qu'elle en a fait plusieurs sujets de prix de la valeur de 500 à 1,000 francs, soit pour opérer d'une manière plus économique, ou plus parfaite qu'on ne l'a fait jusqu'ici, la division et la malaxation des terres, le rabattage et le reparage des bri-

ques, tuiles ou carreaux, soit pour la cuisson et le vernissage de ces produits, soit enfin pour l'extraction de la glaise ou de l'argile.

On a beaucoup parlé, dès 1834, de la machine à faire les briques de M. Terrasson-Fougères, de Teil, laquelle a fonctionné dans plusieurs usines importantes; elle était, en effet, une des plus simples et des plus économiques que l'on connût alors; elle opérait à la fois le mélange et le pétrissage des terres et le moulage des briques. Depuis la publication de cette machine dans le *Portefeuille du Conservatoire* (année 1835), l'auteur y a apporté quelques modifications que l'on a pu voir à l'Exposition de 1839, et qui consistent principalement dans le mode de séparation des briques, qu'il effectue au moyen d'un châssis incliné, porteur de plusieurs rangs de fils de fer également espacés, et qui, en marchant, coupent en un grand nombre de briques la couche de terre compacte qui a été précédemment comprimée entre un rouleau et des planches à rebords mobiles.

Cette machine est réellement d'une construction simple et avantageuse; le principal et peut-être le seul inconvénient qu'on lui reproche, est d'exiger un grand nombre de planchettes pour recevoir et porter les produits qu'elle fabrique, ce qui est une dépense quelquefois considérable. Il est vrai que bien des appareils construits pour cet objet se trouvent dans ce cas; et on doit dire d'ailleurs, par contre, qu'elle n'exige pas de moules, comme la plupart de celles proposées.

M. Carville aîné, qui s'est adonné spécialement à ce genre de fabrication depuis plusieurs années, a disposé un appareil pour la confection des briques et carreaux, qui nous paraît réunir d'heureuses conditions. Cet appareil, qui fonctionne depuis plusieurs années dans son usine établie à la ferme des Moulineaux, près Paris, a reçu le prix de mécanique à l'Académie des Sciences, et précédemment il avait été jugé digne d'une récompense de 500 fr. par la Société d'encouragement (mars 1842).

Il remplit aussi les conditions simultanées du broyage et de la division des terres, du moulage et du démoulage des briques, et peut s'appliquer avec facilité à la fabrication des tuiles, carreaux ou d'autres produits en terre. Quoique cette machine ait déjà été publiée dans un bulletin de la Société, l'année dernière, comme l'inventeur y a apporté depuis plusieurs améliorations pour lesquelles il a pris un nouveau brevet de perfectionnement, et comme elle peut être d'un grand intérêt pour l'industrie actuelle, nous avons pensé devoir la reproduire avec de nouveaux détails. Nous donnerons ensuite la description de la machine de M. Capouillet, qui est construite sur un principe tout à fait différent.

DESCRIPTION DE LA MACHINE DE M. CARVILLE.

FIGURES 1 A 9, PLANCHE 31.

Il serait bien difficile de rencontrer dans les machines actuelles propres à la fabrication des briques, un principe réellement nouveau. C'est plutôt

sous le rapport de la construction plus ou moins simple, plus ou moins avantageuse, qu'elles doivent être considérées, que sous le rapport d'une idée première. Ainsi, la machine de M. Carville présente certainement dans son ensemble des dispositions heureuses qui la rendent commode, facile à manœuvrer, et lui permettent de faire beaucoup de travail avec économie de main-d'œuvre et de force motrice, mais nous ne la regardons pas, à proprement parler, quant au principe, comme une machine nouvelle. Elle n'en est pas moins fort intéressante et digne de trouver place dans ce Recueil; car on le sait, pour nous, ce que nous recherchons, ce sont les bons appareils qui fonctionnent bien et qui soient d'une utilité générale, plutôt que ceux qui, reposant sur des idées entièrement neuves, ne sont pas encore suffisamment sanctionnés par l'expérience.

Nous allons donc décrire l'appareil de M. Carville dans son ensemble, de manière à faire comprendre successivement les diverses opérations qu'il exécute, et qui consistent :

1° Dans la division, le mélange et le pétrissage des terres;

2° Dans le moulage et le démoulage des briques.

Division, mélange et broyage des terres. — Les terres que l'on emploie pour la confection des briques et autres produits analogues, sont en général des glaises dont la nature est très-variable selon les localités, et que l'on doit mélanger quelquefois avec du sable ou des composés d'alumine. Le mélange et le corroyage de ces terres forment la première et peut-être la plus difficile opération de toute la fabrication. Le moyen employé par M. Carville pour effectuer cette opération, consiste dans la disposition d'un tonneau cylindrique A à fond plat, et entièrement ouvert à sa base supérieure, par laquelle on introduit les matières; il est traversé dans toute sa hauteur par un axe en fer B, qui est aussi vertical, et qui reçoit son mouvement de rotation d'un manége à un cheval, par le grand bras en bois C, au moyen de la douille en fonte *a*, qui est attachée à son extrémité (voyez la fig. 1, qui est une coupe verticale faite par le milieu de toute la machine). Cet axe est retenu entre deux coussinets, dont l'un est adapté contre une traverse supérieure *b*, qui rélie les côtés du bâti de machine, et l'autre contre une traverse inférieure *c*, fixée vers le fond du tonneau. Il est armé de plusieurs branches en fer méplat *d*, qui, implantées perpendiculairement à l'axe, présentent leurs faces inclinées à 45° et portent de chaque côté de celles-ci des couteaux tranchants, pour, dans le mouvement de rotation, diviser et pétrir les terres qui sont amenées directement dans le cylindre A par des brouettes ou par tout autre moyen. Elles sont ainsi coupées et recoupées dans tous les sens, avant d'arriver à la partie inférieure. Des branches ou palettes *ef*, plus ortes que les premières, mais non munies de couteaux, et qui sont rapportées tout à fait à l'extrémité de l'axe, reçoivent aussi, de ce dernier, un mouvement rotatif, pendant lequel elles appuient sur la terre, qui, à mesure qu'elle est malaxée, arrive vers le fond du tonneau, et se trouve

forcée de sortir par l'orifice latéral *g*, qu'elle rencontre à la base. La grandeur de cet orifice doit être évidemment réglée suivant la quantité de terre nécessaire pour remplir les moules, ce qui se fait à l'aide d'une porte en tôle *h*, glissant à coulisses contre la surface extérieure du cylindre, et à la partie supérieure de laquelle on attache une tringle ou un levier que l'on manœuvre facilement à la main.

Ce mode de division et de pétrissage de la terre a beaucoup d'analogie avec celui qui a été employé par M. Terrasson et par plusieurs fabricants. On l'applique également dans d'autres fabrications, comme celles relatives aux poteries, faïences, porcelaines, etc. Quoique, dans certains cas, on y trouve des inconvénients, c'est encore, cependant, le meilleur que l'on connaisse, et dont on fait le plus usage.

Moulage et démoulage des briques. — C'est principalement dans cette seconde opération que le procédé de M. Carville diffère de celui qui a été conçu par M. Terrasson, et même, sur plusieurs points, de ceux qui ont été présentés antérieurement, et qui ont été publiés plus ou moins incomplétement dans divers ouvrages.

M. Carville se sert d'une suite de moules, en fonte de fer, formant une longue chaîne sans fin D, constamment mobile, et qui se présentent successivement au-dessous de l'ouverture par laquelle sort la terre malaxée. Pour recevoir cette dernière, chaque maillon forme un châssis rectangulaire composé de quatre moules qui ont exactement chacun la dimension d'une brique. Voy. les détails de cette chaîne en élévation, plan et coupe transversale sur les fig. 2, 3 et 4.

Deux grands moulinets à quatre ailes E sont placés vers les extrémités de l'appareil, pour recevoir sur leurs chevilles de fer *i* les chaînons successifs et les entraîner dans le mouvement de rotation que l'un d'eux, celui de droite, reçoit du moteur par la roue droite F, montée sur un bout de son axe; ils doivent tourner dans le sens indiqué par les flèches (fig. 1), afin que les moules se présentent sous le rouleau presseur G, au fur et à mesure qu'ils se remplissent de terre.

Ce rouleau est en fonte, mobile sur un axe horizontal en fer, qui est aussi mû par le manége; il a pour objet de comprimer la terre dans les moules, à sa sortie du tonneau. Mais comme ces derniers sont entièrement à jour, le constructeur a disposé immédiatement au-dessous d'eux un plancher mobile qui forme leur fond, et qui se compose de plaques de tôle forte *j*, articulées entre elles à des distances proportionnées à la longueur des briques, et agrafées à une chaîne sans fin intérieure que l'on fait passer sur les deux moulinets *k*. L'un de ces deux moulinets reçoit aussi un mouvement de rotation qu'il transmet directement à la chaîne et aux plaques, avec une vitesse qui doit être exactement égale à la marche des moules. Pour soutenir ceux-ci de manière qu'ils suivent un plan à très peu près horizontal, lors de leur passage au-dessous du tonneau, on a établi un certain nombre de rouleaux en bois H, placés parallèlement, sur lesquels repose et se pro-

mène le plancher mobile. Les axes de ces rouleaux sont en fer et tournent librement sur des coussinets (fig. 5).

Ainsi, lorsque la terre sort du tonneau où elle a été préparée, elle tombe dans chacun des moules, et se trouve retenue sur le plancher mobile qui les suit, en fermant leur base inférieure. Comprimée alors par le fort cylindre G, qui est à très-peu près tangent à la surface horizontale supérieure de ces moules, elle marche avec ces derniers dans la direction indiquée sur le dessin; elle rencontre bientôt une espèce de filière formée de deux lames de tôle ou d'acier *l*, qui, effleurant les deux faces horizontales et parallèles des moules, dressent et polissent, pour ainsi dire, les briques qu'elles contiennent, et qui ne vont pas tarder à en sortir.

Pour que la terre ne s'attache pas à la surface extérieure du rouleau, on a eu le soin de placer au-dessus un vase I plein d'eau, qui en laisse écouler constamment un léger filet par le petit robinet dont il est muni.

De même une trémie en bois J, contenant du sable fin et sec, saupoudre la surface des briques au fur et à mesure qu'elles passent à travers la filière *l*; un petit cylindre cannelé, à denture fine *m*, est adapté à la base de cette trémie, pour ne laisser sortir du sable qu'en très-faible quantité à la fois; on lui communique un mouvement de rotation extrêmement lent, par une poulie et une courroie, ou une chaînette sans fin.

Aussitôt que les briques ont traversé la filière qui les unit, il faut les faire sortir de leurs moules et les transporter au dehors de l'appareil. Cette opération, qui a pris le nom de *démoulage*, s'effectue d'une manière fort simple et par un mécanisme ingénieux qui est dû à M. Carville. Il consiste dans l'application de deux repoussoirs K, en fonte, dont les dimensions superficielles sont exactement égales à celles qui forment la section des moules, afin qu'en y pénétrant ils les remplissent complétement. Ils sont assemblés à un seul et même montant vertical L, qui est suspendu par le haut à une bascule M, dont l'autre extrémité est munie d'un contre-poids, qu'une traverse de bois N retient dans sa chute.

Sur l'axe de cette bascule est adaptée une branche verticale *n*, qui doit recevoir un faible mouvement d'oscillation dépendant de la marche même de la chaîne sans fin des moules. A cet effet, le constructeur a eu l'idée de ménager, sur l'un des côtés de celles-ci, des espèces d'ergots ou saillies *o* (fig. 3), qui, en se promenant avec elle, rencontrent et poussent successivement un bras de levier horizontal *r*, fig. 4, monté sur l'axe vertical *q*. Vers la partie supérieure de cet axe est placée une poulie à gorge *r*, fig. 1, à la circonférence de laquelle s'accroche une chaînette O, dont l'autre extrémité s'adapte sur la gorge d'une poulie semblable *r'*, ajustée libre sur un goujon en fer, qui se boulonne sous la traverse P.

Ainsi, lorsqu'un ergot est en contact avec le levier inférieur *p*, il le pousse dans la direction que prend la chaîne des moules, et par suite fait tourner l'axe vertical *q*. La poulie qu'il porte tourne donc aussi, et entraîne dans sa marche la chaînette O; et comme l'extrémité de la branche ver-

ticale n est engagée dans un de ses maillons, elle est nécessairement attirée avec elle : l'axe qui la porte oscille donc et avec lui la bascule M ; il en résulte que le montant L descend, et en même temps les deux repoussoirs tombent sur les deux moules correspondants, qui se présentent justement en regard, par cela même que l'ergot se trouve dans une position qui a été, à cet effet, déterminée convenablement à l'avance. Les deux briques, refoulées ainsi par ces repoussoirs, se détachent nécessairement, et sont reçues sur un second plancher mobile j', placé dans une direction perpendiculaire au premier et à très-peu près à la même hauteur.

Aussitôt que l'ergot a quitté le bras de levier sur lequel il vient d'agir, les repoussoirs remontent par l'effet du contre-poids qui est attaché à l'autre bout de la bascule.

Mais comme ce double mouvement de descente et de montée s'effectue pendant la marche même de la chaîne des moules, il est évident que les refouloirs, dès qu'ils y sont engagés, se trouvent entraînés dans cette marche, qui est à la vérité extrêmement lente. Pour les ramener, ainsi que leur montant, dans leur position primitive, l'auteur a adapté à la partie inférieure un anneau auquel est attachée une corde qui passe sur les poulies de renvoi $s s'$, et qui porte un contre-poids à l'autre extrémité. Ce contre-poids, très-faible du reste, est tout à fait suffisant pour produire cet effet.

La chaîne des moules ne continue pas moins son mouvement, étant constamment tirée par le moulinet placé à gauche de l'appareil. Lorsqu'elle quitte celui-ci, elle plonge dans un réservoir d'eau Q, qui se prolonge sur toute sa longueur, pour laver ainsi les moules, et enlever toute la terre qui aurait pu y adhérer. Elle remonte alors sur le moulinet de droite, comme l'indiquent les flèches ; et, au moment de passer sous le tonneau, chacun des moules reçoit un filet de sable fin et sec qui sort régulièrement de la trémie R, qui est adaptée contre le tonneau.

Le second plancher mobile j', qui reçoit les briques à la sortie des moules pour les transporter au dehors de l'appareil, se compose, comme le premier, de plusieurs planchettes minces posées les unes contre les autres sur une chaîne sans fin qui passe aussi sur deux moulinets. Deux rouleaux parallèles tels que celui H' sont disposés, comme les précédents, mais dans une autre direction, pour soutenir ce plancher horizontalement et sur la longueur voulue. Leurs axes en fer sont mobiles dans des coussinets supportés par les traverses en chêne S, qui se relient au bâti.

Le mouvement de ce second plancher n'est pas continu ; il est, au contraire, intermittent et tel qu'il a lieu pendant que les repoussoirs se relèvent, et s'interrompt dès que ceux-ci descendent. Il y a donc une relation constante entre sa marche et celle des repoussoirs. L'auteur l'a bien prévu, en la déterminant aussi par une chaîne même des moules. Ainsi, les saillies ou dents o qui sont venues de fonte avec l'un des côtés de cette chaîne, remon-

tent successivement un court levier p' qui est monté vers le milieu d'un petit axe vertical q'.

Or, à la partie inférieure de celui-ci est aussi adapté un second levier plus long n', attaché à une petite tringle horizontale t qui communique avec une cordelette à une poulie à gorge u, et par suite à l'un des moulinets. Par conséquent on peut concevoir qu'aussitôt qu'une dent agit sur le petit bras p', il fait osciller son axe ; son levier inférieur n' fait, par suite, marcher le moulinet et le plancher j' d'une quantité qui doit être exactement égale à la largeur de deux briques, plus l'épaisseur du métal qui existe entre les compartiments qui les contiennent. La cordelette qui passe sur la poulie u, porte aussi un petit contre-poids pour ramener celle-ci et les léviers à leur position primitive. Dès que la camme a abandonné la petite branche p', il est évident que le plancher ne doit pas participer à ce mouvement rétrograde ; il reste, au contraire, en repos, pendant cet instant de retour.

A la sortie de l'appareil, on prend successivement chacune des planchettes avec les briques qu'elles portent, et on les place immédiatement sur des brouettes à l'aide desquelles on les transporte soit directement au séchoir, soit sous un hangar où on les empile les unes près des autres. On s'arrange dans toute cette manœuvre pour que les briques ne soient pas touchées par la main de l'homme, afin qu'elles puissent conserver intacte la forme qui leur a été donnée par les moules. On retourne ensuite les planchettes à la machine, en les plaçant toujours sur le second plancher mobile j', du côté opposé à celui ou l'on retire les briques.

Mouvement général de la machine. — Comme la puissance nécessaire pour faire fonctionner cet appareil n'est pas considérable, puisqu'il peut être mû par un seul cheval, on conçoit que l'on doive le plus souvent y appliquer une attèle comme celle d'un manége ordinaire. Pour éviter une communication de mouvement, l'auteur fait cette attèle, comme nous l'avons vu, dans une direction inclinée, et d'une longueur convenable ou au moins proportionnée à l'emplacement disponible. Elle s'assemble immédiatement avec l'arbre vertical qui fait mouvoir l'agitateur. Mais, pour les autres parties de la machine, il est cependant forcé d'avoir recours à une suite d'engrenages, comme le montre le dessin fig. 1. Ainsi au-dessous du manchon a il a monté sur l'arbre vertical un pignon d'angle en fonte T qui engrène avec une roue semblable T', fixée sur le bout d'un axe horizontal très court v. (Voy. la coupe tranversale fig. 9.) Les coussinets de cet axe sont rapportés sur deux traverses en chêne qui se relient avec les montants des bâtis. Un pignon droit U est monté à l'autre extrémité, soit de façon à pouvoir l'y faire glisser facilement, soit d'une manière libre et en y engageant un manchon d'embrayage. L'une ou l'autre disposition est nécessaire dans tous les cas, pour permettre d'arrêter au besoin tout le mécanisme du moulage, en laissant marcher l'appareil qui prépare les terres. Ce pignon engrène avec une grande roue intermédiaire en

fonte V destinée à commander celle plus petite X qui est placée sur l'axe du gros tambour.

Cette dernière roue est exactement de même diamètre que le pignon U: il en résulte que le cylindre tourne lui-même avec une vitesse correspondante à celle du manége, et par conséquent égale à celle de l'arbre qui porte les couteaux à diviser et à pétrir la terre.

La roue X commande à son tour l'un des moulinets *k*, et par conséquent le premier plancher mobile, au moyen de plusieurs pignons intermédiaires qui doivent être disposés pour faire tourner le moulinet dans la direction convenable. Leur diamètre doit encore être déterminé de manière que la vitesse de translation du plancher soit la même que celle du rouleau comprimeur.

Enfin, l'un de ces pignons transmet son mouvement à la roue F qui est montée sur l'axe de l'un des grands moulinets E, par l'intermédiaire des deux autres roues droites Y et Y', afin de faire marcher la grande chaîne sans fin des moules, dont la vitesse doit encore être comme les précédentes.

Cette disposition de mouvement, qui paraît un peu compliquée au premier aspect, a été jugé par l'auteur bien préférable à celle qu'il avait adoptée d'abord, et qui consistait dans l'application d'une longue chaîne sans fin, construite suivant le système dit de Galle, et passant successivement sur les roues dentées montées sur chacun des axes à mouvoir. On conçoit que, par cette combinaison suivie des roues d'engrenages, on doive avoir un mouvement plus continu plus régulier et exigeant en quelque sorte moins de force qu'une longue chaîne passant sur plusieurs roues, et ne pouvant jamais être parfaitement tendue et en rapport exact avec toutes les dents de celle-ci. Aussi l'inventeur a-t-il cru devoir faire de ce changement le sujet d'une demande en brevet de perfectionnement, vers la fin de 1841.

PRODUIT ET COMPTE DE REVIENT DE LA MACHINE.

La main-d'œuvre des briques dans la fabrication ordinaire est tellement réduite, en général, en France, qu'il faut qu'une machine destinée à la remplacer soit réellement bien active pour pouvoir lutter avec quelque avantage contre elle. Aussi est-ce une des principales causes qui ont fait souvent abandonner l'emploi d'appareils d'ailleurs bien conçus, mais qui ne pouvaient fabriquer avec autant d'économie qu'à la main.

Nous avons dit que la machine de M. Carville marche par un manége commandé par un seul et bon cheval; il est alors facile de se rendre compte théoriquement de ce qu'elle peut fabriquer dans un temps donné.

Imaginons que l'attèle du manége soit construite de manière à faire faire 3 tours par minute à l'arbre vertical A et par conséquent au cylindre comprimeur. On sait que la vitesse moyenne du cheval, attelé à un manége, est de $0^{m}90$ par seconde, par conséquent le bras d'attèle devrait avoir, dans cette hypothèse, environ $2^{m}866$ de rayon.

Nous avons vu que la marche de la chaîne des moules et celle du plancher mobile qui lui sert de fond doivent être les mêmes que celles du rouleau ; elles sont donc aussi de 305m 280 par heure.

Or, le diamètre du rouleau G est de 0m 540

sa circonférence est de $0{,}54 \times 3{,}1416 = 1^m\,696$;

en faisant 3 révolutions par minute, sa vitesse à la circonférence sera donc

de $3 \times 1{,}696 = 5^m\,088$,

et par heure de $5{,}088 \times 60 = 305^m\,280$.

Mais pour la longueur d'une brique, celle de chaque moule, en y comprenant les épaisseurs de métal, est de 0m 245,

on a donc $305{,}280 : 0{,}245 = 1246$,

longueurs semblables parcourues dans une heure ; c'est-à-dire, que si la vitesse supposée était constante pendant une heure, on produirait 1246 briques simples, et comme les moules sont doubles en largeur,

on aurait $1246 \times 2 = 2492$ briques.

Mais il est évident que dans une fabrication comme celle-ci, il y a bien des chômages instantanés, bien des pertes de temps occasionnées par des causes accidentelles, par conséquent on ne peut réellement compter sur un tel résultat, en travail courant. Aussi M. Carville en donnant un compte de revient détaillé de ce qu'il obtient dans son usine de la ferme des Moulineaux près d'Issy, ne se base pas sur ce chiffre. Il dit que sa machine moule 2,000 briques à l'heure, et la terre qu'il emploie est alors bien malaxée.

Conformément aux détails communiqués par l'auteur et publiés par la Société d'encouragement sur ses premiers appareils, il faut, pour une fabrication régulière, avec une telle machine :

1° Un cheval pour la mettre en mouvement ;

2° Deux hommes, l'un pour préalablement humecter et pétrir la terre, l'autre pour la conduire dans le tonneau broyeur ;

3° Quatre enfants : l'un pour placer les planchettes, l'autre pour ramasser les rognures des briques et maintenir le cheval, et deux pour charger les briques ;

4° Quatre jeunes gens ou femmes, dont deux pour conduire les briques au séchoir, et les deux autres pour les y empiler ;

5° Enfin un contre-maître ou surveillant pour les diriger.

D'après cela, l'inventeur établit de la manière suivante le prix de revient de la main-d'œuvre de sa fabrication :

3 hommes à 3 fr. 25 par jour de 10 heures,			9 f.	75
4 jeunes gens ou femmes à 2 fr.		*id.*	8	00
4 enfants à	1 fr.	*id.*	4	00
1 cheval à	4 fr.	*id.*	4	00
Frais d'entretien par jour,			0	75
		Total.....	26	50

Le travail fait en dix heures doit être de 20,000 briques ; par conséquent le prix de revient de la main-d'œuvre serait de

$$26 \text{ fr. } 50 \div 20,000 = 1 \text{ fr. } 33 \text{ par mille.}$$

En y ajoutant encore pour accessoires et frais imprévus 0 fr. 37 c., le mille revient au plus à 1 fr. 70 c.

Il pourrait, suivant les localités où les prix des journées sont moins élevés, être réduit à 1 fr. 40 c. même à 1 fr. 30.

Cette machine permet aussi de fabriquer, avec les mêmes avantages, des tuiles plates et des carreaux ; il suffit évidemment pour cela de changer les moules.

M. Carville, en homme qui entend la fabrication a aussi disposé des fours propres à la fabrication des briques, et qui peuvent être facilement alimentés par diverses sortes de combustibles, et principalement par le charbon de terre. En changeant simplement les bouches à feu, il pourrait les chauffer par du bois ou du charbon de bois. Ces fours peuvent contenir chacun 80,000 briques, dites de Bourgogne, à la fois; ils ont chacun trois foyers ou bouches à feu. On peut y cuire toute espèce de produits en terre de moulage, et même de la poterie qu'on placerait vers le sommet.

Ils ont neuf mètres de hauteur sur $4^{m.q}$ 50 de section ; les foyers sont, à la partie inférieure sur un même côté ; ils sont entièrement construits en briques, et à l'extérieur consolidés par des longrines. On n'y consomme pas plus de deux hectolitres de houille par 1,000 briques cuites ; ainsi, dans les localités où l'hectolitre coûte 3 fr. 50, comme aux environs de Paris, il faut compter 70 centimes par 100 briques de cuisson ; ce chiffre peut être réduit de moitié au moins dans bien des contrées.

« Toute notre marchandise, nous écrit M. Carville en réponse aux renseignements que nous lui avons demandés sur sa fabrication, est aussi bien cuite au sommet du four que vers le bas. Au moment de nos grands feux, la flamme dépasse les cheminées de 2 à 3 mètres ; nous pouvons pousser la cuisson au degré que nous voulons. Je n'ai jamais plus de 200 briques de perte à chaque fournée j'obtiens une chaleur bien plus intense avec la houille qu'avec le bois. »

DESCRIPTION DE LA MACHINE DE M. CAPOUILLET.

FIGURES 10, 11, 12. PL. 31.

La machine de M. Capouillet repose sur un principe différent de celle que nous venons d'examiner. Elle consiste dans l'application de deux grands cylindres de fonte, faisant l'office de laminoirs, dont l'un présente une surface parfaitement unie, et l'autre, au contraire, est percé sur toute sa circonférence d'une suite de cavités ou compartiments, dont les dimensions sont déterminées par celles mêmes des briques que l'on veut obtenir; dans chacune de ces cavités s'ajustent autant de pistons rectangulaires qui remplissent exactement leur section. Ces pistons reçoivent un mouvement alternatif, dont la course est égale à l'épaisseur d'une brique. Lorsqu'ils sont refoulés à l'intérieur, ils permettent à la terre de pénétrer dans les cavités du 2e cylindre, et elle s'y trouve immédiatement comprimée par le premier. Quand ensuite ils sont repoussés à l'extérieur, ils chassent au dehors les briques qui y ont été moulées et qui sont reçues successivement sur des planches, d'où elles se transportent au séchoir.

Cette machine a été construite sur de très-grandes dimensions, par M. Giraudon, mécanicien à Paris, qui s'est beaucoup occupé et s'occupe encore de la construction des moulins à blé, scieries mécaniques, moteurs hydrauliques et à vapeur. Elle a été établie dans plusieurs contrées, particulièrement en Belgique, à Londres, à Dunkerque et dans les environs de Paris. L'auteur annonce pouvoir fabriquer 50,000 briques et même plus en une journée de 12 heures.

Malgré ces résultats, nous croyons la machine de M. Carville de beaucoup préférable à celle-ci pour les petites et moyennes usines, en ce qu'elle est d'un prix de revient moins élevé, qu'elle exige une force motrice incomparablement moindre; et, dans cette industrie, ce sont deux conditions des plus importantes, il faut des machines qui coûtent fort peu : et demandent peu de puissance.

Cependant nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de faire connaître l'appareil de M. Capouillet, qui, pour une usine montée sur une grande échelle et dans une bonne localité, peut encore être appliqué avec avantage; son principe est bon, sa construction n'est pas compliquée, sa manœuvre n'est pas embarrassante.

Construction des cylindres. — Le premier cylindre en fonte A est plein et uni sur toute sa surface extérieure; il porte 2m229 de diamètre sur 0m28 de largeur. Il est monté sur un axe en fer forgé B, dont les tourillons sont mobiles dans des coussinets à vis de pression *a*, qui sont rapportés sur des pièces de charpente liées au bâti de la machine. Il reçoit son mouvement du 2e cylindre par une roue droite dentée C, dont le diamètre primitif est exactement égal au diamètre extérieur du cylindre, et qui est appliquée contre celui-ci et sur le même arbre.

Le second cylindre A′ est aussi en fonte, de même diamètre extérieur et de même largeur que le premier, mais garni, sur toute sa circonférence, d'un grand nombre de cavités rectangulaires ne laissant entre elles qu'une faible épaisseur de 10 à 12 millimètres, et assez profondes pour contenir chacune l'épaisseur d'une brique et d'un piston métallique *b*. Il est aussi monté sur un arbre horizontal en fer forgé B′, de même longueur que le précédent, et reçu comme lui par des coussinets fixés sur le bâti de l'appareil. Sur cet arbre est aussi montée une roue droite C′, de même diamètre que la première avec laquelle elle engrène, et qui reçoit son mouvement du moteur par un pignon M, monté sur l'arbre de couche de commande.

Les pistons *b* sont rectangulaires, ayant pour dimension la longueur et la largeur même des briques. Ils sont ajustés libres mais sans jeu, dans chacun des compartiments du grand cylindre A′, et portent une tige cylindrique qui traverse le renflement ménagé à l'intérieur de celui-ci, afin de leur servir de guide, et permettre de les repousser du dedans au dehors, comme on va le voir.

Moulage et démoulage des briques. — La terre, préalablement préparée dans un appareil à part ou par des hommes, est apportée toute malaxée dans une caisse rectangulaire D, qui est placée au-dessus du bâti de la machine, et se prolonge en se rétrécissant jusque vers le contact des deux cylindres entre lesquels la terre se projette et se trouve entraînée dans leur mouvement. On en règle la quantité au moyen d'un registre en tôle convenablement adapté à la caisse, dont la hauteur entière ne doit pas être moins de deux mètres. A côté de celle-ci est une trémie E, qui contient du sable fin et sec, lequel doit tomber par faible portion sur la surface du cylindre mouleur A′, avant qu'il reçoive la terre dans ses compartiments; mais, pour régler la sortie de ce sable, l'auteur a disposé au-dessous de la trémie un auget F, qui est légèrement incliné et disposé comme ceux employés dans les moulins à blé. Une camme à plusieurs dents *c* vient butter contre le derrière de cet auget, et lui fait produire un mouvement d'oscillation qui est d'autant plus facile, qu'il est suspendu par des tiges flexibles ou des courroies. Une grille métallique doit former une partie du fond de l'auget pour ne laisser échapper que le sable fin et retenir les pierres.

La glaise tombant de la caisse D, entre les deux cylindres, se trouve naturellement comprimée entre eux; mais, comme elle rencontre des cavités qui ont été ménagées dans celui A′, elle s'y renferme naturellement et les remplit successivement, avec d'autant plus de facilité, qu'au moment du passage les pistons sont complétement renfoncés, et laissent par conséquent ces cavités libres. Ces pistons se sont trouvés renfoncés, quelques instants auparavant, par des cammes qui garnissent la circonférence extérieure d'un fort disque de fonte G, placé à droite du cylindre et monté sur un axe en fer dont les supports sont adaptés contre le bâti. Ces cammes sont disposées comme de grosses dents d'un pignon d'engrenage, et s'engagent successivement dans les cavités du cylindre, ce qu'elles ne peuvent

faire, évidemment, sans repousser par le bout les pistons contre lesquels elles s'appuient.

Au contraire, un excentrique en fonte H est appliqué à l'intérieur du cylindre mouleur A' et monté libre sur son axe, pour chasser les pistons du dedans au dehors, afin de faire sortir les briques qui ont été moulées, et d'opérer ainsi ce que l'on appelle le démoulage. La courbure donnée à cet excentrique doit être évidemment calculée pour donner aux pistons une course correspondante à l'épaisseur d'une brique, afin que leur face se trouve justement à fleur avec la surface extérieure du cylindre. Le dessin fig. 10, qui indique une élévation extérieure et un fragment de coupe verticale de l'appareil, montre bien cette disposition adoptée soit pour faire rentrer les pistons soit pour les faire sortir.

Afin que la surface des cylindres reste bien lisse, et que la terre n'y adhère pas, l'auteur a appliqué contre eux un peu au-dessous de leur contact, deux sabots ou grattoirs *d*, *d'*, attachés à des leviers en fer qui sont adaptés par leur milieu à un axe commun *f*, sur lequel ils oscillent, et qui portent chacun, de l'autre bout, un contre-poids *e*, *e'*, afin d'être constamment maintenus contre les cylindres.

Transport des briques. — Dès que les pistons sont repoussés vers l'extérieur du cylindre mouleur, les briques chassés par eux tombent de leurs cavités et sont reçues sur des planches horizontales I, qui ont un mouvement de translation correspondant à la vitesse même des cylindres, et plutôt plus grand, pour laisser un espace libre entre chaque brique. Elles s'avancent de gauche à droite, et sont bientôt rendues au dehors de la machine chargées de briques, après y être rentrées vides. Au fur et à mesure qu'elles sont garnies, on les prend sur des brouettes, si la chaîne sans fin qui les conduit ne se prolonge pas suffisamment pour les transporter jusqu'au séchoir.

Les planches sont portées de distance en distance par des rouleaux cylindriques en fonte mince J, dont les axes parallèles *g* sont ajustés libres sur des collets en équerre *g'*, boulonnés sur les traverses du bâti, comme on peut le voir par la coupe horizontale faite à la hauteur de ces axes, fig. 12. D'un côté, contre l'embase de chaque rouleau sont appliquées des roues dentées *k*, avec lesquelles engrène une chaîne sans fin *h* qui leur transmet à toutes le mouvement qu'elle reçoit elle-même par celle placée sur l'un des rouleaux, porteur du petit pignon droit L. Celui-ci engrène avec le pignon principal M, dont l'axe prolongé d'un côté de la machine est commandé par le moteur même qui peut être, soit une roue hydraulique, soit une machine a vapeur ou un fort manège.

Produit de la machine. — Pour que cette machine puisse faire 50,000 briques par journée de 12 heures, comme le suppose l'inventeur, ce qui ferait plus d'une brique par seconde, en admettant qu'il n'y ait aucun temps perdu, aucun instant de repos, pendant toute cette journée de travail, il faudrait que les cylindres marchassent avec une vitesse de $0^m 146$

par seconde au moins. En effet ces cylindres portent 2m 229 de diamètre, soit 7 mètres de circonférence. Or, la largeur d'une brique, plus l'épaisseur de la partie pleine existante, d'un compartiment à l'autre, sur le cylindre mouleur, est de 0m 125; puisqu'il porte 56 moules ou cavités, il faut donc que ce cylindre fasse 1,24 révolutions sur lui-même par minute; car on a

$$50{,}000 \div 12 \times 60 = 69{,}4 \text{ briques par } 1'$$
$$\text{ou } 69{,}4 \div 60 = 1{,}157 \quad \textit{id.} \quad \text{par } 1''$$
$$\text{et } 69{,}4 \times 0{,}125 = 8{,}675$$

espace parcouru par minute, et 0m 1446 par seconde;

$$\text{d'où } 8{,}675 \div 7^{\text{mèt.}} = 1{,}24 \text{ révolutions.}$$

Pour que les cylindres tournent avec cette vitesse, il faut que le pignon moteur à son tour fasse 3,636 révolutions. En effet, son diamètre primitif est de 0m 76; on a donc la proportion :

$$2^{m}229 : 0{,}76 :: x : 1{,}24$$
$$\text{d'où } x = 3{,}636.$$

Il est évident qu'il faut compter sur une vitesse plus grande, si l'on veut obtenir le résultat précédent, à cause des chômages et pertes de temps.

L'auteur n'a pas fait connaître exactement la puissance nécessaire pour faire mouvoir son appareil; en donnant un tel produit, nous croyons qu'elle doit bien exiger une force de 4 à 5 chevaux-vapeur, avec les appareils propres au broyage des terres, ce qui serait considérable pour une usine ordinaire.

En donnant aux rouleaux J, qui entraînent les planches, une marche égale à celle de ces cylindres, il faudrait qu'ils eussent un diamètre exactement égal au diamètre du cercle primitif du pignon L qui les commande. Ainsi, celui-ci porte 0m 36; ils devraient donc avoir au moins aussi 0m 36 de diamètre, et leur vitesse de rotation serait

$$0{,}36 : 0{,}76 :: 3{,}636 : x$$
$$x = 7{,}672 \text{ révolutions par minute.}$$

Sur le dessin, les rouleaux sont indiqués plus petits; les briques pourraient alors se rencontrer, tandis qu'on doit, au contraire, laisser un peu d'espace entre elles; il serait préférable qu'ils eussent plutôt 0m37 à 0m38; c'est une erreur que l'on peut aisément rectifier; elle a permis de faire voir les roues et la chaine qui auraient été complétement cachées sur l'élévation fig. 10.

PRIX DES MACHINES DE MM. CARVILLE ET CAPOUILLET.

Le prix des premières machines à briques, établies par M. Carville, et dans lesquelles les mouvements sont donnés par des chaînes sans fin,

est de 8,000 fr., y compris le cylindre broyeur, et une chaîne à moules complète

Le prix de ces nouvelles machines, faites sur des dimensions plus solides, et avec des mouvements d'engrenage, est de 11,000 fr., y compris aussi le cylindre broyeur, et de plus 3 chaînes à moules de rechange, pour briques, tuiles et carreaux. Ces dernières machines, vendues à garantie, sont construites avec beaucoup plus de solidité que les premières, et la fabrication, nous dit l'auteur, en est aussi supérieure. Il peut faire 2000 briques à l'heure, et même plus, avec la force d'un seul cheval, tandis qu'avec les premières il n'en faisait que 1500 avec la même force; elles ont été l'objet d'un brevet de perfectionnement de 15 ans qui lui a été délivré il y a quelques années.

« Avec ces machines, il ne nous faut, nous dit encore M. Carville, que 300 petites planches au plus, ayant chacune 0m30 de longueur, sur 0m14 de large, et un centimètre d'épaisseur, pour toute notre fabrication. »

M. Giraudon, qui construit les machines à cylindres de M. Capouillet, nous a appris qu'il vendait ces machines, telles qu'elles sont représentées sur le dessin, 10,500 francs. Il estime que deux chevaux suffisent pour les faire mouvoir, et donner, comme nous l'avons dit, 50,000 briques en 12 heures de travail. Il faut aussi une force équivalente pour faire marcher les cylindres broyeurs qu'il établit également, mais à part, au prix de 900 fr. Ainsi on doit compter sur un moteur de 4 à 5 chevaux pour monter une fabrication avec ce système sur une très-grande échelle.

La disposition adoptée exige évidemment un nombre considérable de planches, qui ajoutent encore aux frais de premier établissement.

Mais il faut dire aussi que, par ce procédé, pour lequel il a été délivré un brevet de 15 ans à M. Capouillet, les briques sont plus fortement comprimées que dans l'appareil de M. Carville : il résulte, par suite, qu'elles sont beaucoup moins de temps à sécher.

Construites sur des dimensions plus petites, ces machines à cylindre, peuvent être mises à la portée des fabriques moyennes, surtout si l'on s'arrange pour y appliquer directement les broyeurs.

Nous devons à l'obligeance de M. Giraudon les renseignements suivants sur le produit et le compte de revient du travail de cette machine, qu'il a établie il y a déjà quelque temps dans une contrée où l'on emploie des bœufs ; on y remarquera aussi le prix de la matière première :

EXTRACTION DE LA TERRE.

à 1 mètre de découverte.	0 fr.	30
1 mètre de fouille et décharge. .	0	40
Indemnité.	0	05
Prix moyen du mètre cube.	0 fr.	75

Il faut $2^{m.c.}50$ pour 1000 briques.
Par conséquent $2^{m.c.}50 \times 0{,}75 = 1$ f. 875.

TRANSPORT DES TERRES.

Une voiture à deux bœufs, travaillant 8 heures par jour, coûte 6 fr.
Elle peut transporter moyennement, par heure, 1 mètre cube.
Donc un mètre cube coûte 6/8 fr. ou 0 fr. 75.
Et $2^{m.c}50 = 1$ fr. 875.
Ainsi, la terre nécessaire à la fabrication de 1000 briques coûte, rendue à la machine, 3 fr. 75 c.

SERVICE DE LA MACHINE.

On compte, pour servir cette machine, 20 hommes,
Qui, au prix moyen de 2 fr. par jour, de 12 heures de travail, = 40 fr.
Elle peut faire par jour, moyennement, 50,000 briques.
Donc le prix de main-d'œuvre, par 1000 briques, = 0 fr. 80 c.
En mettant à 50 fr. par jour, ou à 1 fr. par 1000 briques, pour les frais du moteur, de l'entretien, des broyeurs du conducteur, ou autres frais, on voit que le prix de fabrication des 1000 briques revient à 5 fr. 55.
Ce prix doit être évidemment moindre dans certaines localités, et un peu plus élevé dans d'autres.
Dans cette estimation on n'a pas pu comprendre la cuisson des briques, qui doit être comptée à part.

Nota. On a pu voir à l'Exposition des produits de l'industrie nationale de 1844, le modèle de la machine à faire les briques de M. Carvillie, et une machine à compression de M. Parise, qui avait beaucoup d'analogie avec celle de M. Capouillet à l'exception qu'elle n'avait pas un cylindre presseur uni, qui était remplacé par de forts ressorts ou bandes de fer courbes.

PETIT MARTINET DE FORGE

AVEC SA MACHINE A VAPEUR

PAR

M. MARIOTTE, mécanicien à Paris

(PLANCHE 32)

Le travail des pièces en fer forgé dans les ateliers de construction est en général tellement coûteux, que l'on cherche constamment à le réduire le plus possible, soit en remplaçant le fer par la fonte, soit en simplifiant les formes des pièces, soit encore en substituant des martinets aux frappeurs à bras.

Cette substitution du forgeage au martinet marchant par moteur, à celui des marteaux à devant manœuvrés par des hommes est, sans contredit, d'un avantage immense dans le travail, en ce que non-seulement les pièces sont forgées dans un temps beaucoup plus court, avec moins de chaudes, et par conséquent avec plus d'économie de combustible, mais encore en ce que le corroyage et soudage du fer sont meilleurs et plus certains.

Aussi, dans tous les établissements qui ont des moteurs à vapeur ou à eau, il est aujourd'hui indispensable, pour ainsi dire, de monter un petit martinet; les services qu'il est susceptible de rendre le font regarder comme l'un des principaux outils. S'il est un de ceux qui coûtent le plus d'entretien, il est aussi celui qui économise le plus sur la main-d'œuvre et sur le charbon. Si un gros martinet est de toute nécessité, pour forger les fortes pièces comme celles qui se font dans les grands ateliers, un petit est presque aussi essentiel dans les ateliers ordinaires, qui ne travaillent que des pièces de moyennes dimensions.

Cet appareil demande, à la vérité, un moteur spécial qui lui soit directement appliqué, à cause des chocs qu'il éprouve, des ébranlements qu'il cause, et parce qu'il ne marche que par intermittence. La machine à vapeur, telle qu'on la dispose maintenant, quand on l'applique à cet outil, est le moteur le meilleur et le plus convenable, par cela même qu'elle se prête très-facilement aux changements de vitesse et d'efforts que l'on a besoin de produire.

Les roues hydrauliques, surtout celles de petites dimensions, et marchant à de grandes vitesses, peuvent également convenir; mais dans l'un comme dans l'autrecas, il faut que ces moteurs soient spécialement disposés pour faire marcher leur martinet, et tels qu'on puisse les arrêter avec facilité et le plus promptement possible.

Nous aurions pu donner les dessins d'un martinet puissant, comme ceux que l'on emploie dans nos grands ateliers, mais nous avons pensé être plus utile en publiant, au contraire, un martinet de faible dimension, parce qu'il sera certainement applicable à un plus grand nombre d'établissements.

Celui que nous avons choisi est de la construction de M. Mariotte, qui, après en avoir monté un chez lui, a été chargé d'en établir plusieurs pour les ateliers de la marine nationale. La disposition adoptée par ce mécanicien est simple et solide; il a cherché à réunir sur un même bâti en fonte le moteur à vapeur et le martinet. Son système de ressorts, pour activer la chute du marteau, est surtout très-remarquable, comme on le verra sur le dessin.

DESCRIPTION DU MARTINET ET DE SON MOTEUR.

PLANCHE 32.

L'ensemble de cet appareil est représenté en élévation sur la fig. 1, et en projection horizontale sur la fig. 2. La machine à vapeur, placée en avant, communique directement son mouvement à l'arbre qui porte le manchon à cammes. C'est une des conditions importantes dans ce genre d'appareils à percussion.

CYLINDRE ET DISTRIBUTION DE VAPEUR. — Cette machine est surtout remarquable par la simplicité de sa construction. Elle se réduit à un cylindre, son piston et sa tige, et à un système de distribution des plus simples.

Le cylindre à vapeur A est à oscillation; il porte à son milieu deux tourillons qui sont venus de fonte avec lui, et qui sont reçus dans des coussinets rapportés sur des traverses en fonte et à nervures B. Celles-ci composent tout le bâti du moteur; elles vont se boulonner sur le châssis en fonte qui sert de plaque de fondation à tout l'appareil. Sur la fig. 10, qui est une section verticale par l'axe du cylindre et de la distribution, suivant la ligne 1-2 de la fig. 11, on voit d'un côté son tourillon *a* extérieurement, et de l'autre en coupe le tourillon *b*. Le premier est plein, le second est creux pour servir à amener la vapeur alternativement au-dessus et au-dessous du piston, et pour lui donner échappement lorsqu'elle a produit son action. Ce second tourillon se prolonge, comme le montre la figure, suivant un tronc de cône *c*, qui est tourné à sa circonférence extérieure, et enveloppé par une boîte fixe en fonte C, qui est alésée exactement à cet effet. Sur tout le pourtour de cette boîte est formée une gorge cylin-

drique qui n'est interrompue que par les deux cloisons ou diaphragmes courbes *d*. (Voy. la fig. 11, qui est une section transversale faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 10.) Deux orifices *ee'* sont ménagés de chaque côté des cloisons, et mettent alternativement l'intérieur de la gorge cylindrique en communication avec les canaux *ii'* qui se rendent au cylindre à vapeur.

La même boîte C est à son tour enveloppée d'une bague en fer D, en deux pièces, reliées ensemble par deux boulons, et servant à la fermer sur sa circonférence. Cette bague n'est percée que de deux trous *ff'*, dont l'un a pour objet d'admettre la vapeur qui arrive de la chaudière par le tuyau en cuivre *g* et l'autre à lui donner issue par le tuyau *g'* (fig. 1). Les mêmes boulons *h* qui relient les deux pièces de la bague et les serrent contre la boîte, se prolongent au-dessous pour se fixer sur un support coudé E, afin de rendre celle-ci en ièrement immobile pendant la marche de la machine. On peut cependant, quand le cône du tourillon *b* est trop libre dans l'intérieur de la boîte, la rapprocher au moyen de la vis de pression, qui est taraudée au centre de la bride en fer *j*, que l'on a rapportée par deux boulons sur le devant de la première traverse B.

Ainsi il est aisé de voir, par cette disposition, que c'est le cylindre à vapeur, dans les oscillations successives que lui fait prendre son piston, qui ouvre et ferme alternativement les orifices d'entrée et de sortie. Que l'on imagine, par exemple, le piston à l'extrémité inférieure de sa course, comme on l'a supposé sur le dessin fig. 1re, le cylindre est alors vertical, et les orifices se trouvent les uns par rapport aux autres, comme l'indique la coupe fig. 11. C'est un des points-morts de la machine : les cloisons *d* ferment les deux ouvertures *ii'*, la vapeur ne peut entrer par l'une ni sortir par l'autre ; mais cette position est bientôt passée par l'action des volants F, qui, tournant dans la direction indiquée par les flèches fig. 1re, tendent à faire marcher, dans cette même direction, la manivelle *g*, à laquelle la tige du piston est attachée ; le cylindre tend donc aussi à s'incliner dans ce sens, et dès le moindre dérangement qu'il a opéré, l'ouverture *i'* (fig. 11) commence à ouvrir par l'orifice supérieur *e* qui est constamment en communication avec l'arrivée de la vapeur de la chaudière; tandis qu'au contraire le canal *i* peut donner issue à la vapeur qui se trouve au-dessus du piston, parce que l'orifice supérieur *e* se met en communication avec lui (fig. 12). Il en sera de même lorsque le piston sera parvenu au haut de sa course : les orifices seront de nouveau fermés, et les volants feront passer ce nouveau point-mort; le cylindre par suite s'inclinera dans l'autre sens, et alors ce sera l'orifice supérieur *e* qui se mettra en communication avec le canal *i*, lequel conduira la vapeur de la chaudière au-dessus du piston, et l'orifice inférieur *e'* permettra à celle qui est au-dessous de celui-ci de s'échapper au dehors.

Comme dans les machines fixes marchant à pleine pression pendant toute la course du piston, les orifices d'introduction et de sortie sont,

dans celle qui nous occupe, entièrement ouverts au milieu de la course, et complétement fermés aux extrémités. On pourrait, en donnant aux cloisons *d* l'épaisseur convenable, et aux orifices un autre écartement, s'arranger de manière à faire marcher la machine à détente pendant une portion de la course. Cette disposition ne serait pas du reste bien applicable dans l'appareil que nous décrivons, parce que la résistance est à chaque instant variable (elle est pour bien dire intermittente) ; elle est presque nulle lorsque le marteau abandonné tombe, et devient très-grande lorsqu'il faut le relever. Il en résulte qu'il faut que le moteur emmagasine de la force pendant une partie du travail (celle de la descente du marteau), pour qu'il en ait suffisamment pendant l'autre partie, celle de levée du même marteau. Une machine qui fonctionne à pleine pression permet d'obtenir cet effet, en donnant aux volants des dimensions convenables, et sans même qu'elle ait une puissance égale à la résistance maximum, parce que les volants restituent, au moment nécessaire, le surplus de la force qui n'a pas été dépensée à l'instant précédent. Avec une machine à détente, dans laquelle la puissance diminue notablement pendant une portion de la course on obtient plus difficilement ce résultat, tout en donnant aux volants de plus fortes dimensions.

Pour la bonne marche d'un martinet qui a pour moteur une machine à vapeur, et même lorsque c'est une roue hydraulique, il est utile d'adopter deux volants plutôt qu'un seul, lors même que celui-ci aurait un poids égal à la somme des premiers, afin que la machine n'éprouve pas de réactions, de secousses considérables qui détraquent tout. Deux volants peuvent d'ailleurs être plus promptement arrêtés qu'un seul dont les dimensions seraient plus considérables, ce qui est important dans ce genre d'appareils. L'un des volants se trouve tout proche de la manivelle, comme l'indique le dessin ; M. Mariotte monte même des appareils, dans lesquels la manivelle est fondue avec le volant ; le second est placé vers l'autre bout de l'arbre de couche H, qui, à son milieu, porte le gros manchon à cammes.

Sur le tuyau *g*, qui communique avec la chaudière, est appliqué un robinet *k*, dont la clef porte une longue tige verticale *l*, au sommet de laquelle se trouve une manivelle *m*, que l'on manœuvre à la main, soit pour fermer, soit pour ouvrir le robinet, et par conséquent faire marcher ou arrêter la machine. Ce tuyau *g* s'adapte, comme nous l'avons dit, sur l'ouverture *f* de la bague-enveloppe D ; mais en même temps il se prolonge vers la droite de la fig. 1, pour porter un second robinet *k'*, sur lequel est aussi ajustée une tige verticale *l*, que l'on manœuvre comme la première. Ce second robinet est utile pour la mise en train de la machine, parce qu'il permet à la vapeur de sortir (le cylindre étant fixe) ; après qu'elle y est entrée, elle s'échappe toujours par le tuyau *g'*. On ouvre et on ferme alors ces robinets alternativement, jusqu'à ce que le cylindre soit suffisamment échauffé pour que la vapeur ne s'y condense plus et qu'elle soit capable de l'entraîner. Dès qu'il se lance (et pour cela on peut aider aux

volants), on ferme entièrement le second robinet k', et on ouvre graduellement le premier k.

Comme la machine est à très-petite course, la tige du piston, qui est une tringle d'acier I, est suffisamment guidée par la boîte à étoupe qu'elle traverse, et qui, à cet effet, est un peu haute exprès. Cette boîte est naturellement fermée par le couvercle J du cylindre ; l'étoupe y est serrée à la manière ordinaire par un bouchon en cuivre et deux boulons. Le piston est en fonte métallique, comme nous l'avons vu dans les machines précédemment publiées.

La manivelle G ne porte, dans cette machine, que 0m 24 de rayon, ce qui donne au piston une course de 0m 48 ; mais, dans les machines de même modèle que construisait M. Mariotte pour la marine de l'État, il donnait aux manivelles 0m 28 de rayon par conséquent les pistons ont 0m 56 de course. Le diamètre du cylindre à vapeur est aussi augmenté ; il porte 0m 21, au lieu que, dans celle qui est dessinée, il ne lui a donné que 0m 176. Les bâtis sont les mêmes que ceux représentés ; mais les volants, qui n'ont ici que 1m 67 de diamètre, en ont 2m 10 dans les nouveaux appareils, et les marteaux sont de quelques kilogrammes plus forts ; mais ils ont un peu moins de levée, comme on le verra plus loin. Le constructeur a cru devoir augmenter les dimensions du cylindre, pour pourvoir donner un plus grand nombre de coups de marteau par minute.

Un entourage en planches K a été placé autour de la machine pour la garantir. Il est à jour, et permet d'en graisser toutes les parties quand il est nécessaire. Le dessus sert de support aux manivelles des tiges l et l', qui sont à la portée du conducteur de l'appareil.

Martinet et manchon a cammes.— Le gros manchon en fonte L, qui est ajusté sur le milieu de l'arbre de couche H, porte un certain nombre de cammes destinées à soulever le marteau, en appuyant sur la queue du manche M ; son diamètre extérieur est de 0m 68, sa largeur de 0m 24, et il est percé sur toute sa circonférence de 18 trous carrés dans lesquels on peut successivement ajuster et fixer les cammes. Dans les nouveaux appareils, le manchon ne porte que 0m 65 de diamètre, 0m 145 de large, et 12 à 14 trous seulement, ce qui est tout à fait suffisant ; car on n'y monte pas plus de 3 ou 4 cammes à la fois. Il faut que ces cammes soient toujours distribuées sur la circonférence du manchon, le plus également possible, et de manière cependant qu'il n'y en ait aucune qui travaille aux *points-morts* de la machine, sans quoi on risquerait d'être arrêté à chaque instant.

Les cammes n sont en fer forgé, et retenues dans les cabinets par des cales en bois et en fer ; leur courbure extérieure, du côté qui doit se trouver en contact avec le bout du manche du marteau, est une portion d'épicycloïde. Leur longueur doit être nécessairement determinée d'après la levée que l'on croit pouvoir donner au marteau.

Le manche de ce dernier se compose simplement d'une pièce de bois M, qui est généralement en charme ou en hêtre ; il a 2m 64 de longueur totale

sur $0^{m.c.}0209$ de section. A l'extrémité où il reçoit l'action des cammes, il est garni d'une plate-bande en fer *o* qui y est retenue solidement par deux frettes *p*, et à l'autre bout il porte le marteau N, qui y est retenu par deux coins en bois ou en fer.

Ce marteau est tout en fer forgé ; il présente la forme indiquée par la fig. 1, et la vue de face fig. 5, qui est une section faite suivant la ligne 5-6 ; son poids brut est d'environ 60 kilog. Ceux établis pour la marine, et qui sont forgés dans les usines de Nevers, présentent la forme indiquée fig. 6 ; leur largeur au milieu est de $0^{m}18$, à la base de $0^{m}245$; leur hauteur entière $0^{m}445$, et leur épaisseur $0^{m}17$; leur poids moyen est de 64 kilog. La face de la panne de ces marteaux a $0^{m}245$ de longueur sur $0^{m}08$ de large, ce qui présente une surface de 196 cent. carrés ; celle du marteau fig. 1. ne présente que 159 cent. quarrés.

Dans la machine actuelle, la plus grande levée du marteau, mesurée verticalement du centre de la panne au centre de la table de l'enclume, est de $0^{m}35$. Dans les autres, elle est au plus de $0^{m}33$. Pour produire cette levée, la longueur de la queue du marteau, depuis son extrémité jusqu'au centre d'oscillation de l'*hurasse*, est de $0^{m}82$; celle du manche, mesurée du centre d'oscillation au milieu du marteau, est de $1^{m}59$.

L'*hurasse* est une forte bride carrée O, dans laquelle entre librement le manche du marteau, et que l'on retient solidement à sa place, au moyen de cales en fer et en bois que l'on chasse dans les deux sens. Cet ajustement est bien indiqué sur la fig. 3, qui est une section verticale faite suivant la ligne 7-8, et vue du côté de la machine à vapeur.

Deux tourillons *q* sont solidaires avec les côtés de l'hurasse, et sont ajustés à rotule dans des coussinets en fonte *r*, dont on règle exactement la place dans les côtés du bâti en fonte P, au moyen de platine en fer et de vis de pression, comme on le voit sur la fig. 1 et la coupe horizontale fig. 4.

Bati de l'appareil. — Dans la plupart des martinets, de grande comme de faible puissance, les bâtis qui supportent l'arbre moteur, les tourillons de l'hurasse et le ressort, sont en pièces de charpente que l'on assemble le plus solidement possible. Ces charpentes ont l'inconvénient d'occuper beaucoup de place ; cependant, à cause des énormes vibrations que ces machines éprouvent, on pensait qu'il était indispensable de faire les bâtis en bois. Toutefois, on a commencé, dans plusieurs martinets, à introduire de la fonte, en faisant d'abord ainsi la cage de l'hurasse, puis les supports de l'arbre moteur, etc.

Plus tard, lorsque les constructeurs ont reconnu la nécessité de l'application des martinets dans leurs propres ateliers, ils ont pu les étudier plus particulièrement, et voir jusqu'à quel point on pouvait appliquer la fonte dans ces machines. Ainsi, M. Gengembre fit d'abord à l'usine d'Indret un martinet de six à huit chevaux, dont le bâti est entièrement en fonte. Il y a quelque temps, M. Cavé a aussi construit pour les ateliers de la

marine, des martinets de douze et de seize chevaux, avec bâti en fonte.

Ceux que M. Mariotte établissait en 1842 se montaient tous sur des bâtis en fonte. On voit, par le dessin, qu'ils se composent simplement de deux forts flasques P, qui s'élèvent pour porter d'une part les tourillons de l'arbre moteur, et de l'autre les tourillons de l'hurasse. Ces flasques, convenablement nervés, comme on peut en juger par la section verticale fig. 3, et la section horizontale fig. 8, faite à la hauteur de la ligne 9-10, se terminent à la base par de forts patins qui sont reçus sur une grande plaque d'assise Q, fondue d'une même pièce avec le cadre Q′ sur lequel sont boulonnées les traverses B qui supportent la machine à vapeur. Cette plaque d'assise est entièrement encastrée dans le sol; elle repose sur deux fortes longrines en bois qui règnent dans toute la longueur, et qui sont liées entre elles par deux traverses également en bois. Aucune maçonnerie n'existe sous cette charpente, qui repose directement sur la terre que l'on a eu le soin de comprimer à l'avance; il y a seulement un peu de maçonnerie sur les côtés et au-dessous du cadre Q′.

Les flasques sont boulonnés aux extrémités et au milieu de la plaque, comme le montre le plan fig. 2; ils laissent entre eux tout l'espace nécessaire pour le marteau et le manchon à cammes; la plaque est tout à fait évidée à l'intérieur.

Enclume et son billot. — L'enclume sur laquelle on pose les pièces à forger se compose de deux parties, l'une R, qui en forme la base, et que l'on appelle *chabotte*, est un tronc de pyramide rectangulaire en fonte, de 0m300 de hauteur, élevé seulement à 0m 195 au-dessus du sol de l'atelier. L'autre S, est en fer forgé; elle porte un tenon, fig. 7, qui entre dans une rainure ménagée au milieu de la chabotte, sur laquelle elle ne fait que reposer. Cette pièce doit être aciérée et trempée à sa surface comme la panne du marteau, pour servir plus longtemps. M. Mariotte ne lui donne qu'un décimètre de hauteur, afin d'avoir moins à dépenser lorsqu'il faut la renouveler.

La chabotte repose sur un fort billot en bois T, de forme carrée ou rectangulaire, mais plus souvent cylindrique, placé debout, et présentant une section au moins double de l'aire de la chabotte. Ce billot descend dans le sol, à près de deux mètres de profondeur; il ne repose pas sur de la maçonnerie, comme on l'a fait quelquefois, ce qui est très-vicieux, en ce que, pendant la marche du marteau, tout le bâtiment se trouve ébranlé par la vibration qu'il transmet. Il faut au contraire que le billot soit isolé, et ne fasse que reposer sur une surface présentant une certaine élasticité, et en même temps peu compressible. Ainsi M. Mariotte a établi, immédiatement au-dessous du billot, et sur deux pièces de bois de 0m25 d'équarrissage, une couche de crottin de cheval en poudre fine, sur une épaisseur de 8 à 10 centimètres; on avait estimé d'avance quelle serait la réduction de volume que cette couche éprouverait par le tassement, laquelle fut à peu près de moitié. Depuis cette application on s'en trouve très-bien : les vibra-

tions résultant des chocs du marteau sur l'enclume se concentrent, pour ainsi dire, dans le bois et l'épaisseur de la couche élastique, et ne se communiquent plus au delà; tandis qu'auparavant tous les terrains et les murs mêmes de l'établissement étaient ébranlés, ce qui était un inconvénient d'autant plus grave, que le martinet est placé au milieu de l'atelier qui renferme les tours à chariot, les machines à raboter, à percer, et autres outils.

Système de ressorts. — En général, pour accélérer la chute du marteau, on place au-dessus, et dans le même plan vertical que son manche, une forte pièce de bois qui a presque les dimensions de celui-ci, et qui est retenue vers l'une des extrémités. L'autre bout se trouve exactement audessus du marteau, et se trouve repoussé chaque fois que celui-ci remonte, de sorte qu'au moment où il est pour retomber, il est chassé avec toute la force d'élasticité que la pièce a acquise. Cette disposition fort simple a été appliquée à peu près de la même manière dans les grands comme dans les petits martinets; elle a été d'autant plus facilement adoptée qu'on s'en trouve très-bien dans les forges.

Cependant, lorsqu'on fait le bâti en fonte, ce système de ressort devient plus difficile à appliquer, parce qu'il faut disposer un point d'appui élevé. M. Mariotte a cherché à éviter cet inconvénient en remplaçant la traverse de bois par des ressorts métalliques renfermés dans une boîte de fonte U, qui peut être boulonnée directement par sa base sur la plaque de fondation. Ces ressorts furent d'abord construits comme l'indique la section fig. 9; ils formaient plusieurs étages séparés par des disques en tôle forte, afin de diminuer les chances de rupture. Mais le constructeur ne tarda pas à apporter à cette disposition une modification très-importante, et qui rend ce système de ressorts tout à fait applicable dans ces machines à percussion. Il fait ces ressorts d'un plus petit diamètre, de manière à en placer trois sur le même plan horizontal (voyez fig. 13). Il ne leur donne à chacun qu'une spire et demie, le pas de la spire est double de l'épaisseur du fil de métal employé, quand le ressort n'est pas comprimé; ainsi, prenant ordinairement du laiton étiré à 8 millimètres de diamètre, il en forme des filets qui ont 16 millimètres de pas. Les trois ressorts occupent donc ensemble une hauteur de 24 millimètres seulement; il les recouvre par une plaque de tôle pour recevoir un second rang de ressorts semblables (comme le montre la coupe verticale, fig. 14), puis une nouvelle plaque et un nouvel étage de ressorts, et ainsi de suite. Il remplit de cette sorte la boîte de fonte U de cinquante à soixante ressorts semblables; pour les introduire comme pour les retirer, il se sert d'une petite tige en fer *s*, qui traverse toutes les plaques de séparation, et descend se tarauder dans la dernière du fond, de sorte qu'en tenant la tige on peut enlever le tout en même temps.

Au-dessus des ressorts est un piston en bois V, qui est constamment repoussé par eux. C'est sur ce piston que vient butter la queue du marteau

(comme le montre la fig. 1), pendant la marche de l'appareil. Il est évident qu'au moment où cette queue agit, par la camme qui presse sur elle, les ressorts se compriment, et dès que la camme l'a abandonnée, ceux-ci repoussent alors le martinet avec toute leur force d'élasticité, et augmentent l'action du marteau, en accélérant sa chute.

Ce nouveau mode de construction de ressorts est solide et durable, et a été adopté pour tous les martinets que M. Mariotte a établis. En les faisant en cuivre au lieu d'être en acier, il a l'avantage d'en tirer encore 0 fr. 80 c. du kilog., lorsqu'ils ne servent plus; tandis que ceux qui sont en fil d'acier n'ont alors presque aucune valeur.

Dans les forges on emploie quelquefois, au lieu de ces systèmes de ressorts, une pièce en fonte que l'on met à la place de la boîte cylindrique U, et sur laquelle frappe directement la queue serrée du marteau; cette disposition ne serait pas d'une bonne application pour le genre de martinets qui nous occupe.

Chandelier. — Pour suspendre à volonté l'action du martinet, on fait usage d'une pièce de fer que l'on nomme *chandelier*, et qui a pour objet de maintenir le marteau assez élevé au-dessus de son enclume, pour que la queue de son manche ne soit plus ou presque plus rencontrée par les cammes qui le font mouvoir. Cette pièce n'est autre qu'une forte tige en fer X (fig. 1), formant une embase arrondie à son sommet, et reposant par le bas sur du bois ou du métal; elle est, vers son milieu, embrassée par l'une des branches d'une équerre en fer *t*, fixée à charnière au sommet d'une colonnette Y; la seconde branche de cette équerre est percée de plusieurs trous, et se relie à une longue tringle *u*, que l'on a prolongée jusque vers la machine à vapeur pour être mise à la portée du conducteur de l'appareil. L'autre bout de cette tringle est assemblé à un levier à bascule *v*, oscillant par le bas, et terminée par une poignée que l'on fait mouvoir à la main. Il est aisé de voir qu'en tirant cette poignée de droite à gauche, la seconde branche de l'équerre *t* est aussitôt tirée dans la même direction, et par suite la tige X est attirée en dehors de l'axe du manche du marteau; par conséquent celui-ci est libre de tomber, il peut donc se mouvoir; mais si, au contraire, au moment où le marteau s'élève, on laisse tomber le levier à bascule de gauche à droite, comme on l'a supposé sur les fig. 1 et 2, la tige X, qui n'est retenue que vers le bas par un petit support *x*, se place immédiatement au-dessous du manche et le maintient soulevé; son action est donc interrompue, lors même que la machine à vapeur continuerait à fonctionner. La partie du manche qui peut se trouver en contact avec l'embase de la tige est garnie d'une platine en fer *o'*, rapportée et fixée par deux brides en fer *p'*, semblables à celles qui sont placées à l'extrémité.

DONNÉES RELATIVES AUX MARTINETS.

Le martinet qui vient d'être décrit s'appelle quelquefois *marteau à bascule*, parce que son point d'appui est placé entre la puissance et la résistance, c'est-à-dire entre le point d'application de la camme et le centre de la percussion du marteau. Cette disposition est la plus convenable, en ce qu'elle permet de frapper un plus grand nombre de coups que les *marteaux à soulèvement*, dans lesquels les cammes agissent entre le point de rotation du manche et le marteau, et elle présente de plus l'avantage de laisser plus d'espace libre autour de l'enclume, ce qui est surtout très-important dans ce genre d'appareils appliqués aux ateliers de construction.

Nous avons dit que la forme de la courbure des cammes est une épicycloïde passant par un point de la circonférence tracée avec le rayon zq, longueur de la queue du manche, et tournant autour de la circonférence de la bague ou manchon des cammes; si les deux centres H et q étaient sur une même ligne droite avec l'axe du marteau, au moment où la camme commence à agir, le bout du manche devrait être aussi une ligne droite ou un rayon partant de z et se dirigeant vers le centre q. Lorsque ces points ne sont pas exactement en ligne droite, et que la ligne qH forme un certain angle avec le manche du marteau, on peut adapter à l'extrémité de ce manche un étrier en fer dont la face supérieure soit dirigée suivant le rayon zq, et la courbure de la camme est encore une épicycloïde.

Si cependant le centre q était placé beaucoup trop au-dessus ou au-dessous de la ligne d'axe du manche, la courbure de la camme doit être une portion de développante engendrée par le cercle de la bague, et l'extrémité du manche une autre portion de développante engendrée par le cercle du rayon zq.

Si le mouvement de rotation de la bague était uniforme, il serait évidemment transmis uniformément; mais, à cause des chocs qui existent et qui sont avantageux dans ce genre de machines pour le travail, il y a nécessairement altération dans l'uniformité du mouvement.

On a cependant essayé d'obtenir, dans certains cas, un mouvement sans chocs, en donnant alors à la camme la forme d'une spirale tangente à la circonférence de la bague; ainsi M. Gengembre a construit à Indret un martinet avec cette disposition; mais alors il n'y a plus uniformité dans la levée du marteau. Les cammes étant nécessairement d'une grande longueur, la force absorbée par le frottement est aussi plus considérable. Ce mode de soulèvement est d'autant moins applicable dans les martinets qu'il occasionne des ruptures fréquentes.

Dans les martinets ou marteaux à queue, on fait toujours la longueur zq plus petite que celle qy, afin que l'on puisse placer un assez grand nombre de cammes sur la circonférence de la bague, sans augmenter sensiblement le diamètre de celle-ci. Il arrive souvent que la première distance est moitié

de la seconde ; c'est aussi à peu près le rapport qui a été adopté dans le martinet représenté, et dans ceux qui se construisent pour la marine. Dans ces martinets, le nombre de coups de marteau est de 140 à 150 par minute, et la vitesse de la machine de 40 à 50 révolutions dans le même temps, suivant que l'on monte trois ou quatre cammes sur la bague.

La plus grande longueur totale que l'on donne à ces martinets de petite puissance est de 3 mètres environ. Pour les martinets qui devraient donner un plus grand nombre de coups, il convient d'augmenter le rapport entre les deux distances zq et qy, en faisant la première plus petite.

Nous avons dit que le poids du marteau, dessiné fig. 1, sans le manche, est de 60 kilog., celui de la fig. 6 est de 64 kilog. Pour le premier, le diamètre du cylindre à vapeur est de $0^{m}176$, et la course du piston est de $0^{m}48$. Avec ces dimensions, lorsque la vapeur est élevée dans la chaudière à 5 atmosphères de pression, on peut donner au plus 140 coups par minute.

Pour le second, de 64 kilog., le diamètre du cylindre étant de $0^{m}21$, et la course de $0^{m}56$, on donne aisément 150 à 160 coups par minute.

Avec ces marteaux, on peut forger ou corroyer des barres de fer rondes ou carrées de 12 à 15 centimètres de diamètre ou de côté. Ils sont également avantageux pour des pièces beaucoup plus faibles, lors même qu'elles n'auraient que 5 à 6 centimètres.

Le poids total d'un tel appareil, tout monté, en y comprenant le cylindre à vapeur et son mouvement, est d'environ 5,000 kilog., celui des deux flasques du bâti seul est de 1,000 kilog., celui de la plaque de fondation de 450 à 460 kilog., celui des deux volants réunis de 650 kilog., ces volants ayant, comme nous l'avons dit, $2^{m}10$ de diamètre extérieur, $0^{m}10$ de largeur de jante sur $0^{m}06$ d'épaisseur ; M. Mariotte établissait de telles machines à raison de 1 fr. le kilog. ; ainsi le prix est d'environ 5,000 francs avec le moteur, excepté la chaudière à vapeur, qui est toujours supposée en dehors, parce qu'en général c'est la même que celle du principal moteur de l'établissement qui fournit la vapeur nécessaire à celui du martinet.

Ce constructeur a tellement compris l'avantage d'un martinet, quelque faible qu'il soit, sur les marteaux à devant des frappeurs, qu'il en a monté de très-petits dont le marteau ne doit pas peser plus de 20 kil., et dont le cylindre à vapeur n'a que $0^{m}10$ de diamètre.

Nous avons publié dans le IVe vol., 10e livr. de ce Recueil, le marteau vertical, qui commence à être bien compris et à jouer un grand rôle dans le travail de la forge.

NOTE POUR M. ARMENGAUD AINÉ [1]

Dans le courant de 1834, M. de La Morinière, alors directeur de la manufacture des glaces de Saint-Gobain, avait besoin de faire dresser une table à couler le verre, de 4m de long sur 2m 73 de large.

Le contact du verre rouge produit, au bout de quelques années de service, une sorte de trempe fort dure, tellement que le travail n'était praticable qu'au moyen d'une machine à raboter. Il aurait fallu pour cela construire une machine exprès, car il n'en existait pas en France, à cette époque, capable de recevoir une pièce de cette dimension. Déjà depuis longtemps le directeur de Saint-Gobain avait pensé que pour le rabotage des grandes pièces, telles, par exemple, que les plaques de fondation des grandes machines navales, il fallait retourner le système, et faire marcher l'outil en laissant la pièce fixe. La table à raboter était dans ce cas, la longueur de l'appareil n'avait pas besoin d'être beaucoup plus grande que celle de cette table, et de plus il était plus rationnel de ne pas imprimer à chaque passe de l'outil un mouvement de 4 mètres à une masse pesant plus de 12,000 kil. On saisit donc avec empressement l'occasion qui se présentait d'appliquer le nouveau mode de travail, et pour éviter la dépense, on fit faire un appareil en charpente, représenté dans le plan ci-joint [2]. Cet appareil était mis en mouvement à bras d'hommes, au moyen de tourniquets, sur l'arbre desquels on avait placé deux pignons recevant des chaînes sans fin. La table avait été placée préalablement sur deux petits murs en briques; elle était entourée d'un cadre en bois portant deux barres de bandages de roues servant de règles directrices à l'appareil rabotant.

Malgré les imperfections de cette grossière machine, faite au milieu des bois par des ouvriers inexpérimentés en mécanique, le rabotage se fit parfaitement bien.

(1) Dans notre impartialité à faire connaître les travaux des ingénieurs et des constructeurs de machines, nous avons cru devoir rendre cette note publique, persuadé que nos lecteurs ne verront, de notre part, que la ferme conviction de dire la vérité, et de rendre justice à qui de droit. M. de La Morinière est trop connu déjà par les nombreux services qu'il a rendus à la marine et à l'industrie, pour que nous ayons à parler ici de son mérite; nous dirons seulement qu'il serait à désirer que tous nos ingénieurs et industriels français fussent d'un caractère aussi loyal, aussi franc et surtout aussi national que le sien. En donnant la description de la machine à raboter de M. Cavé (3e livraison, tome 1er), nous avons bien mentionné M. de La Morinière comme ayant eu l'idée d'établir des machines de ce genre à outils mobiles, mais nous n'avions pas alors de date certaine, nous ne pouvions donc la faire connaître.

(2) Nous n'avons pas cru devoir reproduire ce dessin, qui est d'une simplicité extrême, et qui prouve au moins que, lorsque le génie français veut s'occuper de machines, il n'est pas au-dessous de celui de nos voisins d'outre-mer.

Quelque temps après, M. de La Morinière ayant commandé à M. Cavé deux grandes tables qui devaient être livrées toutes dressées, lui fit connaître le moyen qu'il avait employé. Ce mécanicien établit alors sa première machine, qui existe encore dans ses ateliers, dans laquelle il se servait du système à outil mobile, de deux murs pour porter la pièce, et de deux règles directrices posées sur ces murs; mais il ne voulut pas employer les chaînes pour faire marcher l'outil, il se servit de crémaillère comme il le fait encore aujourd'hui.

En 1837, M. Cavé n'avait encore que cette seule machine à raboter, motivée, comme on vient de le dire, par le dressage des tables à glaces. M. de La Morinière reprenait alors du service dans la marine, et venait d'être chargé d'installer le grand atelier d'ajustage de Toulon; il s'adressa à ce mécanicien pour qu'il confectionnât une machine à raboter de 9 mètres; mais, malgré toutes ses instances, M. Cavé persista à employer la crémaillère. C'est par suite de ce refus que d'autres commandes de machines à raboter furent données à M. Mariotte, qui avait adopté toutes les idées de M. de La Morinière, tant pour le moyen de translation de l'outil, que pour l'emploi d'une fosse profonde pour recevoir les pièces volumineuses. et celui plus essentiel des tables à mouvement parallèle, pour recevoir les objets à raboter.

Sans entrer ici dans l'examen des avantages que le système de M. de La Morinière, suivi par M. Mariotte, présenterait sur celui de M. Cavé, on fera seulement remarquer que l'emploi des crémaillères, qui ne présente que des inconvénients sur celui des chaînes, a le désavantage de coûter plus cher que ce dernier.

En effet, les machines de 9 mètres de M. Cavé, qui n'ont point de table, ont été payées par la marine 16,000 fr. Ces tables, avec leurs vis, les pignons moteurs, etc., ne peuvent pas être estimées moins de 5 à 6,000 fr. La machine Cavé complète serait donc revenue à au moins 22,000 fr., tandis que les 3 machines de 9 mètres, construites par M. Mariotte, pour Indret, Cherbourg et Rochefort ou Lorient, n'ont été payées que 11,000 fr. chacune.

Nous pouvons ajouter que M. Amédée Durand, ingénieur-mécanicien à Paris, a construit, il y a plus de 20 ans, une machine à raboter, à outil mobile, qui existe encore dans ses ateliers.

On commence en Angleterre à adopter les machines à planer à outils mobiles, malgré la répugnance que les constructeurs anglais ont montrée jusqu'ici pour ce système, qui, après tout, est certainement préférable aux leurs dans la plupart des cas.

MACHINE A PERCER

VERTICALE

A PLATEAU MOBILE, ET A MOUVEMENT CONTINU

Par M. DECOSTER

CONSTRUCTEUR DE MACHINES-OUTILS ET DE FILATURE, A PARIS

(PLANCHE 33)

Parmi les constructeurs français qui s'occupent, depuis quelques années, de l'exécution de machines-outils, nous avons à mentionner M. Decoster, qui, dès son début dans la carrière industrielle, s'est acquis une belle réputation par la bonne confection des machines propres à la filature du lin et du chanvre. Ce mécanicien, d'une intelligence toute particulière pour la mécanique, après avoir monté son établissement sur une grande échelle, après avoir apporté dans plusieurs métiers des perfectionnements remarquables, n'a pas cru son esprit suffisamment occupé dans la belle et intéressante partie par laquelle il a commencé, il a voulu joindre à la construction de ses machines pour la filature, celle non moins difficile des outils de toute espèce, sans lesquels nos ateliers ne peuvent arriver à bien faire et surtout avec économie.

Les machines-outils demandent, de la part du mécanicien, de l'intelligence, de la pratique et de l'étude. La France est dans une position différente et bien moins favorable que sa concurrente la plus à redouter. Le prix des matières premières étant considérablement plus élevé chez nous qu'en Angleterre, nous devons évidemment chercher à établir des machines moins pesantes, et pouvant néanmoins remplir le même objet. Sans doute, il faut l'avouer, on a reproché, en origine, à plusieurs de nos machines et surtout à nos outils de pécher par la faiblesse des pièces principales; mais on ne peut disconvenir cependant que dans bien des cas les masses de fonte sont inutiles et quelquefois même nuisibles. La forme et la disposition de l'outil, comme les proportions bien raisonnées de la machine, donnent souvent de meilleurs résultats que les dimensions énormes qu'on rencontre surtout où la matière est à bon marché.

Les mécaniciens français sont en général peu fortunés, n'étant presque jamais aidés par des capitaux étrangers; leurs bénéfices, leurs économies,

obtenus souvent à force de privations et de veilles, ne servent pour la plupart qu'à augmenter leur matériel, leur outillage. Ils sont nécessairement alors plus restreints dans leur dépense, il faut qu'ils cherchent à établir des machines moins spéciales, c'est-à-dire, pouvant servir dans plusieurs cas, remplir plusieurs conditions, et cependant coûter peu, tout en faisant bien. Nous ne verrons pas en France dépenser des dix à douze mille francs pour une simple machine à percer, et trente à quarante mille francs pour une machine à raboter. Or, il faut pourtant avoir des outils qui remplissent le même objet.

Sans doute on a dû admirer la belle machine à percer verticale de M. Whitworth, qui passe pour l'un des premiers constructeurs anglais pour la confection des outils, parce que cette machine a l'avantage de pouvoir se placer où l'on veut, parce que son plateau est mobile, qu'il peut monter et descendre, qu'une partie peut avoir un mouvement de rotation et l'autre une marche rectiligne, parce qu'aussi la pression est déterminée par un système particulier et fort ingénieux de galets filetés, engrenant avec le porte-outils, parce qu'enfin le mouvement est disposé de manière à obtenir des vitesses variables. Mais une telle machine, en France, ne reviendrait pas à moins de 3,500 à 4,000 fr. : c'est évidemment trop cher pour un outil de ce genre, qui, après tout, ne peut servir qu'à percer des trous de 3 à 5 centimètres de diamètre.

Nous croyons que M. Decoster a bien compris la position du constructeur français, en cherchant à faire des outils qui pussent remplir les conditions exigées, et sans être d'un prix élevé ; il fallait, pour cela, réunir la bonne confection à la simplicité et à la solidité de ces appareils. Doué d'une sagacité vraiment remarquable pour ce genre de machines, ce constructeur a su y apporter ce triple cachet qui le fait reconnaître comme un bon et habile fabricant.

Nous avons eu, dans la continuation de ce Recueil, l'occasion de publier plusieurs de ses machines et de prouver ainsi, comme nous l'avons déjà dit ailleurs, qu'il suffit de vouloir s'adonner à une chose pour la bien faire, et qu'on ne manque pas chez nous d'hommes capables pour résoudre toutes les opérations mécaniques. Nous allons faire connaître aujourd'hui avec détails, la machine à percer verticale, de M. Decoster ; on en verra bientôt l'utilité et la bonne disposition. Disons, en passant, que M. Farcot a aussi établi pour lui, une double machine à forer à colonne, dont les plateaux sont mobilisés de manière à permettre de percer des trous parallèles dans toutes les positions, sans desserrer la pièce, comme aussi à monter et à descendre, au moyen d'une vis de rappel logée dans l'intérieur même de la colonne. Cette machine est fort ingénieusement combinée.

M. Decoster a déjà livré un grand nombre de machines-outils ; on peut en voir plusieurs dans le IIIe volume de ce Recueil ; organisé aujourd'hui pour les établir à bon marché, nous ne doutons pas que ses commandes ne deviennent encore plus considérables.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA MACHINE A PERCER,

DE M. DECOSTER, PLANCHE 3.

Cette machine présente cet avantage : montée sur une simple colonne, elle peut se placer en un endroit quelconque de l'atelier; sa plaque d'assise, qui lui sert de base, est assez solide pour qu'on ne soit pas obligé de la relier par le haut. Son plateau est mobile non-seulement en montant et en descendant pour se rapprocher ou s'éloigner du sol, mais encore en tournant autour de l'axe même de la colonne pour s'excentrer ou se retirer entièrement en dehors de la ligne verticale du porte-foret. Il porte, de plus, un système de mâchoires mobiles qui permettent de pincer la pièce à percer et de la centrer très-rapidement, conditions essentielles pour travailler avec rapidité, et auxquelles on ne paraît pas s'être suffisamment attaché jusqu'ici. Le mouvement de rotation du porte-outils se transmet par courroie à l'aide de poulies de renvoi libres sur leurs tourillons montés sur des coussinets à rotule ; l'auteur évite ainsi, au moins pour les cas les plus ordinaires, les roues dentées qui sont employées dans la plupart des machines à percer. Enfin la pression ou la marche rectiligne du porte-foret, a lieu au moyen d'une vis de rappel qui agit directement sur l'arbre, et de deux engrenages que l'on manœuvre à la main. Ainsi la pression ne dépend pas de la machine, mais de l'ouvrier même ; M. Decoster a pensé avec raison que dans un appareil de ce genre, il est important que l'homme sente son foret, qu'il le conduise, pour ainsi dire ; on évite alors bien des ruptures, et d'ailleurs les trous, en général, sont assez rapidement percés pour exiger la présence continuelle de l'ouvrier : par conséquent, il vaut autant qu'il soit occupé à tourner une manivelle pendant que l'outil tourne, que de regarder simplement la machine travailler seule. On ne peut évidemment en dire autant de toutes les machines-outils. L'ouvrier a, en outre, cet avantage que, suivant la nature de la matière, suivant la précision de l'ouverture qu'il veut obtenir, suivant encore la préparation, la coupe de son foret, suivant enfin la rapidité avec laquelle il doit opérer, il peut régler la pression comme il l'entend, l'augmenter ou la diminuer selon toutes ces circonstances.

Nous allons successivement décrire les diverses parties qui composent cette intéressante machine; on comprendra sans peine ses avantages et toutes les conditions qu'elle réunit.

PARTIES FIXES DE L'APPAREIL.

COLONNE FORMANT BATI. — Pour rendre cet outil facilement transportable, M. Decoster, sans adopter le lourd et fort bâti de la machine de Whitworth qui est d'une seule pièce à nervures, a cru devoir adopter un système de simple colonne verticale en fonte A, qu'il assemble par le bas

après l'avoir tournée, dans un large patin alésé B, lequel est aussi en fonte, et renforcé au-dessous de deux nervures qui se perdent dans le sol. Ce patin sert de plaque d'assise, il est percé à ses angles de quatre trous pour être boulonné sur un dé en pierre de taille ; souvent même il pose directement sur le sol, sans être fixé, parce que le poids seul de l'appareil est suffisant pour le maintenir en équilibre, sans qu'il éprouve de vibration pendant le travail. La colonne est creuse dans toute sa hauteur, dans les petites machines destinées à percer des trous de 1 à 2 centimètres de diamètre ; elle est alors fondue d'une seule pièce et toute droite, avec la partie la plus élevée C, qui doit recevoir le porte-foret ; mais dans les machines plus fortes, qui, comme celle représentée sur le dessin, peuvent percer des trous de 2 à 4 centimètres et même plus, comme on doit chercher à éloigner le plus possible le foret de l'axe de la colonne, afin d'avoir plus d'amplitude, et permettre de placer sur le plateau des pièces larges et qui sont quelquefois gênantes, il est utile de fondre la colonne de manière que sa partie supérieure se trouve coudée, comme on le voit sur l'élévation latérale (fig. 1) et la coupe verticale (fig. 2), et que la forte branche C, y soit rapportée. Cette disposition permet, d'une part, de tourner facilement l'extérieur cylindrique de la colonne, afin de recevoir le plateau mobile qui doit tourner, et y monter ou descendre, et de l'autre, de l'aléser à son extrémité pour y ajuster le goujon en fer *a*, qui a été préalablement chassé de force dans la branche C, que l'on a eu le soin de chauffer convenablement à cet effet. Ainsi, au moyen d'un fort écrou, on rend la colonne et la branche entièrement solidaires.

Un bras avancé *b* est fondu avec la partie supérieure de la colonne, à l'axe de laquelle il est perpendiculaire, et un second bras semblable *b'* est fondu avec la branche C, comme le montre la fig. 3. Ces deux bras sont chacun munis d'un chapeau ou bride en fonte relié par des boulons, et alésés ensemble pour embrasser et maintenir, dans la direction verticale, l'arbre porte-foret. L'auteur n'a pas cru devoir loger des coussinets dans l'intérieur de ces chapeaux, ayant reconnu que le frottement du fer dans de la fonte est très-doux, et l'usure très peu sensible.

La forte branche C est aussi recourbée à sa partie supérieure, pour recevoir un écrou en cuivre *g* qui y est fixé à demeure, et traversé par la vis de rappel au moyen de laquelle on détermine la pression de l'outil.

Vers le milieu, est également venue de fonte une espèce de chaise à coulisse *c*, dans une direction opposée aux bras, et destinée à porter les coussinets des tourillons à rotules des poulies de renvoi.

PARTIES MOBILES DE LA MACHINE.

Du porte-outils. — L'arbre porte-foret D, est en fer forgé, tourné exactement cylindrique dans toute sa longueur, comme toujours, et renflé légèrement à sa base qui est alésée, pour recevoir les mèches ou forets en

acier. Cet arbre n'a pas moins de 6 centimètres de diamètre; pouvant tourner librement dans les collets des bras *b* et *b'*, il peut aussi y monter ou descendre verticalement. Deux longues rainures diamétralement opposées y sont pratiquées pour recevoir les clefs qui doivent y retenir la poulie motrice en fonte E, par laquelle son mouvement de rotation lui est communiqué, mais sans que cette poulie suive sa marche descensionnelle ou ascensionnelle.

Pression de l'outil. — A son sommet est ajustée conique une crapaudine aciérée *j'*, qui porte à son centre un grain d'acier *i'* (voyez le détail en coupe verticale fig. 10). Cette crapaudine et son grain tournent nécessairement avec l'arbre; elle est évidée légèrement autour du grain, pour servir de réservoir d'huile et graisser constamment celui-ci, parce qu'une pointe d'acier *i* de même diamètre, vient reposer sur lui, mais sans tourner. Cette pointe est ajustée dans la base *j* qui termine la vis de rappel à filet carré G, et se trouve immédiatement au dessus de la crapaudine. Un collier ou bride en cuivre L, en deux pièces reliées par des boulons, comme le montre le plan coupé à la hauteur de ceux-ci, cache entièrement cet assemblage, et permet à l'huile de se conserver au centre, sans se perdre. Il est d'ailleurs bien aisé de voir, par cette disposition, que l'arbre porte-foret peut tourner librement et avec lui la crapaudine et son grain, mais sans que la pointe ni la vis se trouvent entraînées dans son mouvement; elles exercent seulement une pression verticale, pour faire descendre cet arbre au fur et à mesure qu'il travaille. Les embases *j* et *j'*, reliés par les colliers, permettent aussi, lorsqu'on remonte la vis, d'enlever l'arbre avec elle.

Le pas de cette vis n'est pas de plus de 6 millimètres; on doit donc, pour effectuer un percement, la faire tourner bien lentement pour faire descendre le foret, car on sait que dans une machine à percer, à mouvement continu, c'est à peine si la pression est de 1/5e de millimètre lorsqu'on perce de la fonte ou du cuivre, et elle est au plus de 1/10e quand on perce du fer. — Ainsi, dans le premier cas, il faut lui faire faire au plus 1/30e de tour par révolution de l'arbre, et dans le deuxième 1/60e seulement.

Dans plusieurs machines à percer, on s'arrange pour que la pression se fasse par l'appareil même, sans recourir à la main de l'homme. Ainsi le plus souvent on fait l'application d'un poids qui agit sur un levier plus ou moins allongé, lequel transmet sa pression sur l'arbre. Dans quelques cas, on établit un mouvement d'engrenages retardataires, au-dessus du porte-outils, de manière que la vis de rappel qui en forme le prolongement, comme dans la machine actuelle, tourne avec une vitesse considérablement moindre que celle de l'arbre, et d'ailleurs proportionnelle à celle-ci.

L'auteur a préféré, comme nous l'avons dit en commençant, déterminer la descente du porte-outils par l'ouvrier même. On a ainsi plus d'assurance que ce dernier porte plus d'attention à son travail, et il peut, le plus souvent, opérer le forage avec plus de célérité. Il suffit alors évidemment de placer sur la tête de la vis de rappel une roue dentée, telle que

celle en fonte H que l'on voit sur les premières figures du dessin, et avec laquelle on fait engrener un pignon droit à joues I. Celui-ci est ajusté sur la tringle verticale en fer J, qui descend jusqu'à la partie inférieure de l'arbre, pour se trouver à portée de la main de l'homme; elle porte à cet effet un petit volant à manivelle K, que l'on fait tourner très-lentement pour le travail, et que l'on peut tourner, au contraire, très-rapidement pour remonter l'arbre. Comme ces deux engrenages doivent ainsi monter et descendre, puisqu'ils suivent la marche de la vis de rappel, il faut de toute nécessité que le pignon soit retenu sur la tige J, comme la poulie motrice sur son arbre, c'est-à-dire par deux clefs qui glissent dans les deux rainures opposées, pratiquées vers la partie supérieure de cette même tringle. Deux oreilles *h* fondues avec la branche C, ou mieux rapportées, maintiennent, au reste, cette tige contre le bâti, sans l'empêcher de tourner.

Poulie de renvoi a rotule.—M. Decoster avait reconnu depuis longtemps que l'emploi des engrenages dans les machines à percer est généralement vicieux, parce qu'ils font presque toujours occasionner des vibrations. Ces engrenages ne sont pas taillés mécaniquement, souvent ils sont employés bruts de fonte, et avec des dentures trop fortes; il n'est pas étonnant qu'ils prennent du jeu. L'ouvrier, dit-il, sent beaucoup mieux son outil lorsque l'arbre est commandé par une courroie; le mouvement en est d'ailleurs évidemment plus doux; c'est surtout important pour des petits trous au-dessous de 3 centimètres de diamètre. Mais pour transmettre à un arbre vertical, par une courroie, un mouvement qui vient d'un arbre de couche, comme cela se présente naturellement dans les ateliers, il faut de toute nécessité employer des poulies intermédiaires, pour permettre de faire passer cette courroie d'un plan vertical dans un plan horizontal, et de la maintenir, pendant le travail, dans ce changement de direction, sans qu'elle tende à tomber ou à glisser.

Le constructeur a donc fait, dans sa machine à percer, une application heureuse de son système de poulies à rotule qui sont, dans un grand nombre de cas, d'une utilité extrême (fig. 3 et 8). Ce système se compose de deux tourillons *d* et *d'*, dont l'un se termine par une demi-sphère creuse, dans laquelle s'ajuste la tête sphérique de l'autre. Sur la partie cylindrique de chacun de ces tourillons sont mobiles les poulies en fonte tournés F et F', qui y sont ajustées libres, et retenues seulement par une rondelle et une goupille. Il est aisé de voir de suite que ces deux tourillons peuvent prendre, l'un par rapport à l'autre, toutes les directions; mais afin de leur donner un point d'appui, sans cependant gêner leur circulation, la tête sphérique du premier *d*, qui forme coussinet à celle du second, est ajustée dans le bout de la mortaise, ménagée à l'avance sur le bras ou supporte *c* (voy. la fig. 9, qui est une coupe horizontale faite à la hauteur de l'axe des poulies, suivant la ligne 7-8). Un coussinet rapporté *e*, et qui est également alésé sphérique, vient aussi presser la tête du tou-

rillon d' contre l'intérieur de celle du tourillon d. On ne serre ce coussinet au degré convenable, à l'aide de la vis de pression f, que lorsqu'on est certain de la direction réelle que les deux tourillons doivent avoir, pour conduire convenablement la courroie sur la gorge de la poulie E. On doit s'arranger, dans la pose de l'appareil, pour que le plan horizontal qui serait tangent à la partie inférieure des deux poulies de renvoi F et F′ passe vers le milieu de la gorge de la poulie E (fig. 1 et 2).

Cette disposition de poulies de renvoi à rotule est bien nécessaire dans les établissements où l'on a besoin d'un grand nombre de transmissions de mouvement. Elle permet de simplifier souvent des communications que l'on ne pourrait obtenir que par des renvois dispendieux; elle fait même supprimer, dans bien des cas, les engrenages d'angle. M. Decoster s'en est toujours bien trouvé dans les filatures qu'il a montées, et dans lesquelles, comme dans les moulins, il est tout à fait indispensable d'éviter des renvois de mouvement. Ainsi nous ne doutons pas que ce système, d'une grande simplicité et peu dispendieux, ne trouve partout des applications.

Du plateau mobile. — Pour qu'une machine à percer, à mouvement continu, soit employée aujourd'hui avec avantage, il faut qu'on puisse non seulement y forer des pièces de différentes dimensions, et de formes irrégulières, mais encore centrer et pincer ces pièces avec facilité et très-rapidement. On ne peut plus alors employer un simple plateau fixe, comme on l'a fait dans un grand nombre de machines, il faut au contraire que le plateau puisse prendre toutes les positions désirables, et même s'échapper pour ainsi dire de la ligne d'axe du porte-outils. M. Decoster a conçu, à cet égard, une disposition que nous trouvons fort heureuse.

Son plateau M, en fonte et à nervures, porte un moyeu cylindrique qui est alésé exactement au diamètre de la colonne, autour de laquelle il doit tourner très-librement. Une crémaillère dentée N est rapportée contre la surface de cette colonne, et traverse aussi le plateau, pour engrener avec un pignon droit n, qui est placé sous la partie dressée de ce plateau, entre ses deux nervures k; une entaille ménagée dans l'épaisseur du moyeu lui livre passage. Son axe en fer forgé l, que montre bien la section horizontale fig. 4, faite à la hauteur de la ligne 1-2, fig. 3, est porté par des renflements cylindriques formés dans les mêmes nervures k. Ainsi, en tournant cet axe à l'aide d'une manivelle m, que l'on monte à l'une de ses extrémités, on fait aussi tourner le pignon; et comme la crémaillère, qui repose de tout son poids sur la base de la plaque d'assise R, ne peut monter ni descendre, le pignon est obligé de prendre une marche rectiligne. On élève donc ainsi le plateau à la hauteur convenable, ou on le baisse de toute la quantité qu'on juge nécessaire. Pour le maintenir en place, il suffit évidemment de serrer la vis d'étau q, qui presse contre un coussinet arrondi r, lequel est rapporté dans l'intérieur du moyeu. Pour plus de certitude, et dans la crainte d'un oubli de l'ouvrier, le constructeur

a cru devoir ajouter une roue à rochet *o*, qu'il a placée sur l'arbre *l*, et dans les dents de laquelle s'engage constamment un cliquet en fer *p*, qui, d'un côté, porte une longue poignée, à l'aide de laquelle on le dégage à volonté de la roue, et de l'autre un contre-poids qui tend à le faire constamment engager dans les dents de cette dernière. De sorte que le plateau est naturellement déjà maintenu à sa hauteur dès qu'on arrête la marche du pignon *n*.

Comme le dos de la crémaillère est exactement en contact avec la surface tournée de la colonne, elle peut se mobiliser facilement, et sans jeu, avec le plateau, lorsqu'on veut faire tourner celui-ci autour de cette colonne, et il suffit pour cela de serrer la vis de l'étau *q*, et de s'appuyer contre le bout du plateau; le rochet *p* ne s'oppose pas à cette marche circulaire, il ne sert qu'à le retenir, c'est-à-dire à l'empêcher de descendre.

La partie horizontale du plateau se divise au delà de la colonne, en deux branches avancées, entre lesquelles on ajuste à coulisse, et avec exactitude, une espèce de chariot en fonte O, qui n'est autre qu'un châssis rectangulaire, dont les deux côtés parallèles *s* et *s'* sont perpendiculaires au plan vertical passant par l'axe de la colonne, et divisant le plateau en deux parties égales et symétriques. L'un de ces côtés, le premier, est taraudé à son centre pour recevoir une vis de rappel, à filet triangulaire *u*, et dont la tête porte une manivelle d'étau, pour la manœuvrer à la main; l'autre côté *s'* doit servir de mâchoire pour pincer la pièce que l'on doit forer. Une barre en fer forgé *t*, parallèle à ce côté, doit comme lui servir de seconde mâchoire que l'on rapproche à volonté de la première, au moyen de la vis de rappel *u*, ou que l'on écarte aisément à la main, en la faisant glisser dans le châssis O; une platine en fer *t'* la retient d'ailleurs en dessous de manière qu'elle ne puisse se soulever.

Au besoin, on peut enlever le châssis tout entier avec ses mâchoires, ou l'enfoncer tout à fait au fond de la coulisse formée par les deux branches du plateau.

On peut aisément concevoir maintenant, par cette disposition, combien il est facile de pincer la pièce à forer, telle que celle *y* (fig. 2), entre les deux mâchoires *s* et *t*, et ensuite de la placer au centre du foret, de changer de position en l'écartant ou en la rapprochant de ce centre, soit en avant, soit en arrière, soit sur les côtés. On a donc cet avantage que, sans desserrer la pièce, on peut y percer un grand nombre de trous, qui seront exactement parallèles et situés aux points voulus, ou déterminés à l'avance.

Des mèches ou forets. — La machine qui vient d'être décrite est construite sur des dimensions assez fortes pour percer des premiers trous de 2 à 5 centimètres. On varie nécessairement la vitesse de l'arbre porte-outils, suivant les diamètres de ces trous, et pour cela il est indispensable d'avoir sur l'arbre de couche de commande un cône ou une poulie à plusieurs diamètres, qui permettent de varier les vitesses selon les besoins. Les mèches

ou forets que l'on emploie pour le forage des trous dans les pièces métalliques, ont la forme de celui v représenté sur la fig. 12. Sa tige tournée dans le bout, s'ajuste conique dans la partie inférieure alésée de l'arbre D, et y est seulement retenue par une vis de pression. On se sert aussi souvent d'une mèche à téton, telle que celle v', fig. 13 ; elle a l'avantage de préparer le trou et de mieux diriger l'outil, qui tend alors moins à dévier pendant le travail. Enfin, on fait aussi quelquefois usage de la mèche à téton cylindrique x, fig. 14, avec laquelle on alèse un premier trou déjà percé, et lorsqu'elle est conduite par le porte-lame D, qui est exactement vertical, on est certain de faire des ouvertures rigoureusement cylindriques ou coniques. Cette dernière forme d'outils est aussi très-souvent employée sur les tours en l'air, pour aléser des bouts d'arbres ou d'autres pièces. On peut voir, pour plus de détails sur les outils à percer et à aléser, la 8e livraison du Ier vol. de ce Recueil.

PRIX DE LA MACHINE A PERCER.

Le prix de la machine à forer, construite dans les dimensions représentées, est de 1,000 fr. C'est à peine le quart de ce que coûterait en France une machine du même genre, système de Whitworth, à égale puissance, avec plateau mobile, et remplissant toutes les conditions de celle-ci.

M. Decoster établit de ces machines à forer, à colonne, sur des dimensions plus faibles, comme nous l'avons dit, et dans les prix de 700 à 800 fr. et au-dessous, toujours avec plateau mobile.

Il en fait même dont la valeur est de beaucoup moindre encore, en les disposant alors pour s'adapter à une colonne en fonte de l'établissement, comme on peut aisément le faire aujourd'hui dans un grand nombre d'ateliers, dans lesquels on remplace les poteaux en bois, servant de supports aux charpentes, par des pilastres ou colonnes de fonte, qui portent les chaises et coussinets des arbres de transmission de mouvement. Le prix de ces petites machines est de 350 à 400 fr.

Le constructeur fait également des machines à percer portatives, que l'on manœuvre à la main, et qui sont aussi très-commodes dans un grand nombre de cas.

Enfin, il en exécute aussi sur des dimensions plus considérables que celle qui vient d'être décrite, et qui marchent alors par engrenages ; ces dernières reviennent à 1,200 fr., prises à l'atelier.

Toutes ces machines sont confectionnées avec beaucoup de soin, et ne laissent rien à désirer.

NOUVELLES TURBINES

HYDRAULIQUES

OU ROUES HORIZONTALES IMMERGÉES

Par MM. CALLON et CADIAT

INGÉNIEURS A PARIS

(PLANCHE 34)

Nous nous sommes proposé de faire connaître successivement les divers moteurs hydrauliques, soit sous le rapport de leur construction, soit sous le rapport des modifications ou des perfectionnements qui y sont apportés. Les turbines ont occupé, dans ces dernières années surtout, plusieurs de nos ingénieurs recommandables, et sont les moteurs qui ont dû subir plus de changements que tous les autres. Les avantages qu'elles présentent les font naturellement préférer aux roues verticales dans un grand nombre de cas.

Déjà nous avons donné, dans le 1er volume de ce Recueil, le dessin et la description de la turbine de M. Fourneyron, et de celle de M. Gentilhomme. Nous allons aujourd'hui en décrire deux autres qui ne seront pas nous en sommes persuadé sans intérêt pour nos lecteurs, par leur dispositif particulier et surtout par les conditions qu'elles remplissent. Ce sont les turbines de deux ingénieurs distingués que nous avons déjà cités, MM. Callon et Cadiat; comme ces turbines diffèrent essentiellement entre elles, nous devons nécessairement les décrire séparément; nous commencerons par celle de M. Callon, qui est du système de celles dites *turbines centrifuges*.

Pour que dans ces turbines l'eau coule, dans les orifices directeurs ou couloirs et les canaux réacteurs ou aubes cylindriques, comme le ferait une molécule isolée, sans aucun changement brusque de vitesse et de direction, il faut proportionner la section de ces orifices, en chaque point, au volume d'eau à débiter, et à la vitesse que l'eau doit avoir en ce point. C'est la solution toute simple et économique de ce problème que M. Callon

a trouvée, et dont il a fait l'objet de la demande des brevets d'invention et de perfectionnement qui lui ont été délivrés en 1840.

Lorsque cette condition n'est pas remplie, il en résulte dans certains cas, principalement lorsque la vanne est peu levée, une perte notable d'effet utile. Nous avons vu que pour prévenir une telle perte, M. Fourneyron a divisé ses turbines, dans leur hauteur, en deux ou trois étages par un ou deux diaphragmes horizontaux. Mais il est évident que ces diaphragmes ne peuvent remédier que d'une manière incomplète à l'inconvénient même pour les deux ou trois levées de vannes qui correspondent aux deux ou trois étages des aubes cylindriques.

M. Combes, qui ne s'était pas occupé de cette question dans son premier brevet du 24 août 1838, l'a traitée dans un brevet de perfectionnement qu'il prit le 17 novembre suivant. Il a adapté le vannage à la roue elle-même comme l'avait fait M. Burdin; c'est-à-dire qu'il a fait en sorte que le vannage agît à la fois sur les grandeurs des orifices d'entrée et de sortie des canaux réacteurs.

Ainsi, dans la turbine de M. Combes, la vitesse de l'eau en un point quelconque de la roue est constante, parce que la section du canal en ce point varie exactement comme le volume d'eau à dépenser, et par conséquent, l'effet utile de la roue demeure le même, malgré les variations du volume d'eau (la hauteur de la chute étant toutefois supposée constante). Mais il faut bien remarquer que la section du canal en chaque point, et principalement à l'entrée, n'est pas proportionnelle à la vitesse relative qu'une molécule liquide isolée prendrait en ce point; les formules élémentaires ne sont plus alors applicables, et il faut recourir, pour établir la roue, à des calculs très-compliqués et fort pénibles. Le mécanisme nécessaire pour lever et baisser à volonté le disque supérieur de la turbine, ne laisse pas aussi que d'être compliqué et dispendieux.

Nous allons voir comment M. Callon a cherché à résoudre la question, en faisant connaître le principe de construction qu'il a proposé et qu'il peut appliquer à tous les genres de turbines connues, soit en adoptant la disposition d'Euler ou celle de M. Burdin, soit que pour chacune de ces espèces de roues, on mette des directrices, ou qu'on les supprime, pour en faire ce qu'on est convenu d'appeler des *roues à réaction*.

DESCRIPTION DE LA TURBINE DE M. CALLON.

FIGURES 1 ET 2, PLANCHE 34.

La fig. 1re est une section verticale de toute la turbine faite dans le sens du *fil de l'eau*, suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 2 est une projection ou coupe horizontale de l'appareil, faite à la hauteur de la ligne 3-4.

La roue proprement dite se compose d'un disque ou plateau mobile en

fonte A, dont le bord extérieur forme une couronne plane destinée à recevoir les aubes cylindriques *a*. Celles-ci sont en tôle forte de 4 à 5 millimètres d'épaisseur, rivées d'une part sur la couronne inférieure A, et de l'autre à la couronne supérieure B, qui est aussi en fonte, et parallèle à la précédente : la largeur de ces couronnes, mesurées dans le sens du rayon, est de 0m255, leur épaisseur de 0m030.

Des garnitures en bois sont ajustées entre les aubes et les couronnes, comme on le voit sur la coupe verticale fig. 1re ; leur forme est calculée de manière que la section des orifices de sortie, ou du *canal réacteur*, soit, en chaque point, inversement proportionnelle à la vitesse relative que la veine d'eau possède en ce point, en ayant toutefois égard, autant que possible, aux diverses contractions et pertes de vitesse que l'état actuel de l'hydraulique permet d'apprécier.

Le plateau mobile A est ajusté à son centre, sur un manchon conique C en fonte, et retenu par une clavette incrustée dans les deux pièces. Ce manchon est lui-même alésé et monté sur l'arbre vertical D, où il est aussi fixé par une nervure ou clef à demeure; il repose en outre sur le renflement qui forme l'embase et termine l'arbre. Celui-ci peut être en fonte, comme on l'a supposé sur le dessin, ou en fer forgé suivant les besoins; il s'élève à la hauteur nécessaire pour porter vers son sommet l'engrenage qui doit transmettre son mouvement; on le fait généralement en deux parties assemblées par un manchon, lorsque sa longueur totale doit dépasser quatre mètres.

Un fond fixe E, en fonte, d'une pièce circulaire et convenablement renforcée au-dessous par des nervures, se loge dans l'intérieur du plateau mobile, à la hauteur même des canaux réacteurs, pour porter les cloisons ou courbes directrices *b*; ce fond est calé sur une bague en fonte *c*, qui lui sert de moyeu, et l'assemble au tuyau *porte-fond* F, qui s'élève à la hauteur voulue, pour s'adapter au premier plancher qui existe au-dessus de l'eau. On voit en effet par la fig. 1re, qu'il est suspendu par son sommet à un moyeu cylindrique *d*, lequel est complétement logé dans l'intérieur de la cuvette de fonte G, qui est boulonnée sur une charpente faisant partie du plancher ou du sol de l'usine. Cette disposition d'ajustement permet de démonter facilement la roue et le fond porte-directrices, lorsqu'il est nécessaire.

Les courbes directrices *b* sont aussi en tôle d'une épaisseur semblable à celles des aubes; elles sont verticales, comme celles-ci, mais leur direction est évidemment opposée, comme on l'a vu déjà dans la première turbine décrite 10e livraison, Ier vol. Elles sont rivées sur le pourtour circulaire du fond E, et vers leur partie supérieure sont logées entre elles des cales arrondies, faites en bois, qui ont pour objet de diminuer autant que possible la contraction à l'entrée, elles sont de plus recouvertes d'une plaque annulaire en fonte, ou en fer méplat sur laquelle on fait reposer le cadre circulaire en bois N, par l'intérieur duquel l'eau arrive à la roue. Les cales

précédentes sont naturellement attachées sous cette plaque par des vis.

Dans la turbine Fourneyron, nous avons vu que l'auteur dispose toujours un nombre de couloirs ou courbes conductrices bien moindre que le nombre d'aubes; il peut varier en général de la moitié au tiers. M. Callon adopte autant de directrices que d'aubes ou si l'on veut, le même nombre d'orifices injecteurs que de canaux réacteurs. Ainsi, dans la turbine représentée, laquelle porte 2^{m} 170 de diamètre extérieur, il existe 40 aubes *a* et autant de directrices *b*. Ces dernières sont aussi bien moins prolongées vers le centre que le système de M. Fourneyron, l'auteur jugeant ce prolongement tout à fait inutile.

Autour du tuyau porte-fond et du moyeu du disque fixe, l'inventeur a placé une espèce de cloche en tôle *c*, qui se raccorde d'une part avec la surface cylindrique du tuyau, et de l'autre avec la face plane du fond, de manière à cacher toutes les arêtes saillantes du moyeu de celui-ci, et à conduire l'eau sans interruption, dans les conduits injecteurs.

La disposition du vannage conçue par M. Callon, consiste dans l'application des obturateurs ou vannes partielles H, qui sont en bois, et suspendues à des tiges en fonte de fer I, au moyen desquelles on peut les manœuvrer à volonté. Chacune de ces vannes n'a qu'une largeur suffisante pour fermer seulement deux des orifices injecteurs *b*, comme on le voit sur le plan fig. 2. Lorsqu'on lève une des tiges, pour démasquer par conséquent deux orifices, la vanne correspondante, par suite de la forme même donnée aux nervures qui garnissent la partie supérieure de la tige, recule vers le centre de la roue, en même temps qu'elle monte, afin de dégager de ces deux orifices les petits appendices qui y pénètrent, lorsque la vanne est entièrement baissée pour assurer sa position d'une manière invariable.

La manœuvre de ces vannes est très-simple; étant légères, elles peuvent évidemment être tirées directement avec facilité; on peut aussi, dans la partie supérieure, disposer un mouvement pour en faire marcher deux opposées à la fois. Ainsi, par cette disposition, les orifices injecteurs sont toujours ou complétement ouverts ou complétement formés; c'est-à-dire que la turbine étant calculée pour pouvoir effectuer la plus grande dépense d'eau de la chute, on ouvre toutes les vannes, lorsque ce volume d'eau existe, et lorsqu'il est réduit du quart, de la moitié ou même des deux tiers, on ferme le quart, la moitié ou les deux tiers des vannes, et on laisse les autres entièrement ouvertes.

On a pu objecter, avec quelque raison, que ce grand nombre de vannes, nécessaires surtout dans les turbines de grandes dimensions, rendait la manœuvre plus longue. Il est évident qu'il faut en effet plus de temps pour fermer ou ouvrir vingt vannes, quelque légères qu'elles soient, qu'une seule, quelle que soit sa charge. Mais on peut remarquer qu'en pratique on peut aisément éviter cet inconvénient. Il suffit de placer au-dessus de la turbine, à l'arrivée de l'eau, une vanne motrice, qui en ferme toute l'entrée, afin que, lorsqu'on a besoin d'arrêter, on puisse le faire presque immédia-

tement. Cette vanne doit toujours être, tant que la turbine marche, tout à fait ouverte, c'est-à-dire tout à fait hors de l'eau.

Remarquons bien que les vannes partielles H de la roue ne doivent être, en général, ouvertes ou fermées qu'à de certaines époques de l'année, lorsque les volumes d'eau sont changés. Or, on peut bien alors se donner le temps de les monter ou de les descendre, comme on se donne celui de graisser les diverses parties du moteur et d'une communication de mouvement.

Les tiges des vannes partielles sont guidées dans les pièces de fonte J, boulonnées au-dessous des poutres principales qui supportent le premier plancher de l'appareil (fig. 1).

Le pivot aciéré K sur lequel tourne l'arbre de la turbine est entièrement fixe; il est tourné partout, et porte vers le tiers de sa longueur une large embase par laquelle il repose sur la face supérieure d'un manchon en fonte L, par l'intermédiaire de deux rondelles minces en fer tournées. Ces rondelles sont en deux parties, et peuvent être retenues à leur place par deux étoquiots ou petites dents. De sorte que quand le pivot est usé par le bout qui reçoit le grain d'acier ajusté dans l'arbre D, il suffit de soulever la roue de quelques millimètres, de lever tant soit peu le pivot pour retirer les rondelles, et d'en mettre d'autres plus épaisses qui rachètent l'usure.

Pour empêcher le pivot de tourner avec l'arbre de la roue, on le retient dans son manchon L, au moyen d'une nervure ou clef à demeure. Celui-ci est aussi fortement calé sur la plaque d'assise en fonte M, qui repose et se trouve boulonnée sur le massif en maçonnerie disposé préalablement pour recevoir l'appareil. Le pivot est percé dans toute sa hauteur pour servir de conduit à l'huile, qui est amenée jusqu'au centre du grain par un long tuyau recourbé *g* que l'on termine par un vase en forme d'entonnoir.

AVANTAGES DE LA TURBINE-CALLON.

Nous ne pouvons mieux faire, pour montrer les avantages du système de turbine de M. Callon, que de donner un résumé de la description que cet habile ingénieur a exposée lui-même dans ses brevets d'invention et de perfectionnement.

« Par la disposition adoptée dans cette turbine, les conditions nécessaires pour que l'écoulement du liquide moteur se fasse conformément aux indications de la théorie, sont remplies aussi exactement que possible, c'est-à-dire que quel que soit le volume d'eau à dépenser, l'eau coule à *gueule-bée*, tant dans les *orifices injecteurs* que dans les *canaux réacteurs*, avec une vitesse égale à celle que prendrait une molécule isolée. Il en résulte que l'incertitude sur l'effet utile qu'on devra attendre dans les divers cas qui pourront se présenter sera de beaucoup diminuée, puisque l'application des formules théoriques très-simples, affectées d'un coefficient numérique à

peu près constant, permettra de déterminer cet effet utile. Il en résulte aussi que dans certains cas où le rendement des turbines ordinaires baisse d'une manière notable, principalement dans la saison des sécheresses, c'est-à-dire dans la saison où il importe que le rendemente se maintienne intégralement, celui de la *Turbine-Callon* se trouve conservé, puisqu'il est proportionnel, à l'exception de la petite perte due aux résistances passives, au nombre d'orifices ouverts.

« Cette première modification a particulièrement pour objet les cas très-nombreux dans la pratique, où une turbine établie pour recueillir la force d'une grande masse d'eau avec une chute médiocre, doit encore faire le même travail, lorsque le volume est diminué de la moitié ou des deux tiers, et que par compensation, la hauteur de la chute est devenue double ou triple de ce qu'elle était dans la saison d'abondance d'eau.

« Comme le débouché des orifices injecteurs est proportionnel à celui des orifices expulseurs correspondants, et qu'il n'y a par conséquent aucune perturbation dans le mouvement du liquide, tant en traversant les orifices injecteurs qu'en parcourant les aubes, il ne tend à se produire dans la roue, ou dans la partie de cette roue qui travaille, ni *aspiration*, ni *expulsion*, par le jeu qui existe entre la roue et les orifices injecteurs; ce jeu, inévitable du reste, et qu'on ne peut que diminuer par une exécution soignée, mais sans jamais l'annuler complétement, n'a donc ici aucun inconvénient.

« Les garnitures en bois qui servent à donner aux orifices injecteurs et aux canaux réacteurs la forme et la section convenables, ont en outre l'avantage de faire disparaître les saillies que présentent les boulons et écrous, lesquelles saillies ne laissent pas de causer une petite perte de force dans les turbines ordinaires, principalement quand le volume d'eau est faible.

« Le milieu du fond fixe E est occupé par une surface courbe qui se raccorde avec ce fond, et avec le tuyau F, de manière à faire disparaître toutes les arêtes saillantes et à disposer, en quelque sorte, l'eau à entrer horizontalement et avec le moins de perte de force vive possible dans les orifices injecteurs, qui ne sont point prolongés vers le centre. Le prolongement ne pourrait qu'embarrasser cet espace, sans contribuer à imprimer à l'eau la direction voulue, à cause de la perturbation que doit y apporter l'arrivée (dans une direction verticale) de nouveaux filets liquides, et parce que la largeur de ces canaux injecteurs augmentant sans cesse depuis le tuyau porte-fond jusqu'au bord intérieur de la couronne, une nouvelle quantité d'eau dépourvue de toute vitesse, dans le sens horizontal, se mêle, à chaque instant, à celle qui aurait pu recevoir un commencement de direction des courbes, et ne peut manquer de détruire, en grande partie ce commencement d'effet. Sans doute on atténue beaucoup l'inconvénient dont nous venons de parler, en faisant descendre l'eau dans le cylindre qui précède les orifices injecteurs avec une très-petite vitesse;

mais en supposant qu'on parvînt ainsi à le faire disparaître, il en résulterait toujours que la roue devrait avoir un diamètre sensiblement plus grand que celui dont M. Callon pourrait se contenter dans les mêmes circonstances, ce qui tendrait à en augmenter aussi le poids et le prix relatifs.

« Les obturateurs qui ferment les orifices injecteurs devant servir exclusivement à régler la quantité d'eau à dépenser sur la roue (quantité qui, en général, ne varie pas d'un jour à l'autre), on peut employer, pour arrêter ou mettre en train, une vanne ordinaire placée en amont du réservoir, ou mieux encore une vanne cylindrique (qui pourrait être en tôle et équilibrée par des contre-poids) fermant sur le cadre ou châssis qui entoure l'appareil. On évite ainsi l'inconvénient que peut présenter la lenteur de la mise en train et de l'arrêt de la turbine, quand on se sert, pour cet objet, de la vanne régulatrice elle-même.

« Lorsque les courbes directrices règnent depuis le centre jusqu'à la circonférence du plateau au fond fixe, on est obligé d'en restreindre le nombre bien au-dessous du nécessaire, pour ne pas gêner l'arrivée de l'eau en obstruant à l'excès le milieu de ce plateau; mais les canaux injecteurs n'occupant que le bord même du fond, il devient possible de multiplier ces canaux injecteurs autant que peut l'exiger une direction réelle et parfaite des jets moteurs.

« Les réparations sont rendues faciles par le mode de construction adopté par M. Callon. On peut enlever à la fois le porte-fond et le fond, avec les orifices directeurs, et leur garniture, le cadre circulaire N et la plaque de fonte sur laquelle il repose, après avoir retiré les madriers minces qui entourent ce cadre, et qu'on peut, dans cette vue, fixer avec des vis ou de petits boulons. On peut alors aisément approcher de la turbine, pour la réparer.

« Le mode de construction est plus facile et plus économique que celui des *turbines centrifuges* de M. Fourneyron. En effet les dépenses du *cylindre-vanne*, de son mécanisme, et du second cylindre alésé dans lequel il glisse, sont bien diminuées, les pièces qui remplacent ces objets étant beaucoup plus simples et moins coûteuses. Une bonne partie des frais du pivot, des leviers à soulager, etc., se trouve aussi supprimée; on a de plus l'avantage de fournir à ce pivot un appui très-solide. »

Nous ne croyons pas devoir donner le calcul et le tracé géométrique de cette roue, parce qu'ils sont les mêmes que dans les systèmes de turbines déjà traités dans le 1er volume de ce recueil. Les données purement pratiques manquent encore jusqu'à présent pour la construction de ces roues dont la théorie a été exposée soit par M. Navier, soit par M. Poncelet. M. Fourneyron lui-même a dû s'écarter, dans plusieurs cas, des règles qu'il avait exposées à la Société d'encouragement.

M. Callon a aussi appliqué son système de vannage partiel à une turbine d'Euler, pour laquelle il s'est également fait breveter.

DESCRIPTION DE LA TURBINE DE M. CADIAT.

FIGURES 3 ET 4, PLANCHE 34.

Nous avons dit un mot, dans notre 1er volume, de cette turbine nouvelle que nous nous proposons de faire connaître avec détails aujourd'hui. C'est une satisfaction pour nous d'autant plus grande, que nous pouvons dire avec assurance que ce système, appliqué dans plusieurs localités, a donné les résultats les plus satisfaisants. On a beaucoup dit sur les turbines hydrauliques en France, et lorsque ce genre de moteur a commencé à être goûté par l'industrie, plusieurs mécaniciens et ingénieurs de mérite se sont occupés de cet appareil avec persévérance. Mais, à l'exception des turbines du Bazacle, de celles de M. Burdin et de M. Fourneyron, on n'a, jusqu'ici, aucunement fait mention de toutes les autres. Il est de notre devoir de rompre ce silence, en faisant connaître les dispositions nouvelles ou les améliorations qui ont été proposées et mises à exécution. C'est pourquoi nous avons donné les systèmes de MM. Gentilhomme et Callon, qui ont été publiés les premiers par nous. C'est aussi pour ce motif, et dans l'intérêt de tous les industriels pour lesquels nous avons entrepris cette publication, que nous avons cherché à dessiner le système de M. Cadiat, qui, quoique ayant bien réussi, exécuté sur de grandes échelles, quoique ayant donné les meilleurs résultats, n'a pas été jusqu'à présent, que nous sachions du moins, l'objet d'un seul rapport de la part d'une société savante. C'est que M. Cadiat est un de ces hommes modestes qui ne se font pas gloire de leur mérite, mais qu'il faut, au contraire, aller chercher dans leur retraite si l'on veut parler d'eux.

Le principe, la disposition entière, comme l'exécution de la turbine de cet ingénieur, diffèrent totalement de celles dont il a été question soit dans ce recueil, soit dans d'autres ouvrages. Au premier aspect, il semble qu'elle doit être classée parmi les roues à réaction, et cependant on reconnaît bientôt que la théorie bien connue de ces roues ne lui est point applicable. Les expériences suivies de l'auteur en sont la preuve la plus sensible. En effet, toute la théorie des roues à réaction aboutit, comme on le sait, à ce résultat, que, pour obtenir le maximum d'effet utile, la vitesse angulaire d'une telle roue doit être infinie. Or, dans la turbine de M. Cadiat, on obtient, au contraire, le maximum d'effet constamment avec une vitesse à la circonférence égale aux 6/10es de celle qui serait due à la hauteur totale de la chute. Ce résultat a été constaté très-souvent par l'auteur (et nous le savons trop consciencieux et trop méritant pour douter un seul instant de l'exactitude de ses expériences); toutes les fois qu'il a voulu pousser la vitesse à des limites extrêmes, il a reconnu que l'effet produit décroissait rapidement. Il n'en était pas de même lorsqu'il réduisait la vitesse jusqu'au point de ne plus obtenir un mouvement uniforme; avec les plus faibles

vitesses, l'effet obtenu était à la vérité moindre que lorsqu'elles devenaient égales aux 6/10ᵉˢ de celles de l'eau, mais toujours incomparablement plus favorables qu'avec les plus grandes vitesses.

M. Cadiat a déjà établi, quoiqu'il n'y ait eu jusqu'à présent aucune publicité, aucun rapport de fait, un grand nombre de ses turbines sur des chutes et des cours d'eau très-différents, depuis celle de la force de 2 chevaux jusqu'à celle de la puissance de près de 50 chevaux.

Parmi ces turbines nous avons pu avoir les dessins de celle qui est montée dans l'établissement de MM. Utschneider à Sarreguemines (Moselle). Nous l'avons représentée en coupe verticale sur la fig. 3, pl. 34, et en plan vu à différentes hauteurs sur la fig. 4. La première de ces figures est une section brisée faite suivant la ligne 5-6 d'une part, et suivant la ligne 7-8 de l'autre. La seconde représente : 1° la moitié de la roue vue coupée horizontalement à la hauteur de la ligne 9-10 ; 2° un quart de cette roue vu en plan immédiatement au-dessus ; 3° le plan d'un quart de la partie inférieure, qui peut être regardée comme la plaque de fondation.

Cette turbine est réellement remarquable, non-seulement par sa disposition, mais encore par son diamètre et par les énormes variations de chute auxquelles elle est sujette. Elle fait mouvoir, dans l'usine où elle est montée, les pierres de huit grandes cuves pour le broyage des terres à faïence, plusieurs meules verticales à pulvériser les émaux, des machines à couper les terres, des pompes, etc.

Elle est située sur la rivière dite de la *Blise*, dont le régime est rendu très-variable par la proximité de son confluent avec la *Sarre ;* elle est de plus sujette à des crues de 2 à 3 mètres de hauteur.

En temps ordinaire, la chute disponible est de $1^{m}40$ de hauteur verticale, et la turbine n'est cachée sous l'eau que de toute son épaisseur ; mais, dès la moindre crue, la hauteur de chute, se réduit à 1 mètre, quelquefois même à $0^{m}80$, et la turbine se trouve alors noyée de 1 mètre à $1^{m}50$.

Le corps de la turbine proprement dite se compose d'un disque courbe en fonte A, présentant une surface de révolution dont la section fig. 3 montre bien exactement la forme. Le diamètre extérieur de ce disque est de $3^{m}30$; ce diamètre et son poids étaient, comme on le comprend aisément, trop considérables pour être facilement maniables : aussi les aubes n'y sont pas rapportées directement. L'auteur, en praticien qui connaît la construction et sait apprécier et vaincre les difficultés d'exécution, a pu rendre celle de cette roue plus commode et plus aisée, en fixant les aubes entre deux couronnes parallèles *b*, en fer méplat. Ainsi, il a fait forger les couronnes séparément, puis il a fait river les aubes cylindriques en tôle *a*, en y perçant des trous de distance en distance, suivant le contour même de ces aubes tracées à l'avance. Il en a donc formé de cette sorte une roue ordinaire, à aubes courbes, qui n'avaient pour hauteur que $0^{m}50$, écartement entre les couronnes. (Voy. le détail au 1/25ᵉ, sur les fig. 9 et 10 qui

représentent une aube et un fragment de couronne en élévation et en plan.)

Sur le bord extérieur du plateau courbe A est ménagée une feuillure qui a pour largeur celle même des couronnes, laquelle est égale à $0^m 147$, et pour profondeur seulement l'épaisseur de celle inférieure qu'on a ajustée et fixée sur lui.

Dans son système, M. Cadiat n'a pas admis de cloisons ou de courbes directrices, comme nous l'avons vu dans la turbine précédente et dans celle de M. Fourneyron. L'eau arrive directement sur le disque, glisse sur la surface inclinée qu'il présente et se précipite dans les aubes, pour sortir par toute leur circonférence. Cette disposition simplifie notablement la construction de l'appareil, et c'est peut-être ce qui a fait dire qu'elle le ramenait au système de roue à réaction ; mais la courbure même du disque qui est encore prolongée par une feuille de tôle contournée *c*, jusqu'à l'arbre verticale B sur lequel elle est montée à demeure, change évidemment cet effet, en dirigeant l'eau sur les aubes. Il n'est pas nécessaire alors que celles-ci se présentent normalement à la circonférence intérieure ; elles peuvent, au contraire, faire un angle sensiblement aigu avec les tangentes à cette circonférence, comme on le voit sur le plan fig. 4 ; et de même leur angle avec les tangentes à la circonférence extérieure peut être très-petit, pourvu que la section des orifices de sortie soit suffisante pour débiter le volume d'eau qui arrive sur la roue, par l'espèce d'entonnoir en fonte ou en forte tôle D. Ce dernier est boulonné, par son rebord supérieur E, sur les pièces de chêne F, qui supportent une partie du plancher de la turbine, et vont se sceller dans les murs latéraux en même temps qu'elles reposent sur les petites colonnes verticales J', fig. 4 et 13.

Le vannage qui doit régler l'ouverture de ces orifices est alors tout à fait différent de ceux adoptés et vus précédemment. Il est bien cylindrique, comme dans la turbine de M. Fourneyron, mais il est à l'extérieur de la roue au lieu d'être à l'intérieur; il règle la sortie et non pas l'entrée. Ainsi, la vanne a pour diamètre intérieur un peu plus que le diamètre extérieur de la roue; cette vanne est en tôle forte dans les appareils de grandes dimensions, comme celui-ci, pour être plus légère ; elle pourrait être en fonte mince dans les appareils de petites dimensions. Pour la maintenir suffisamment raide et cylindrique, l'auteur a cru devoir l'entourer par le bas d'un cercle en fonte *d* avec lequel elle est rivée, et auquel il a ménagé quatre oreilles qui sont traversées par les tiges verticales *f*, comme on peut le voir par le détail fig. 12.

Le bord inférieur du cercle de la vanne est tourné, pour que, quand on veut fermer complétement tous les orifices de la turbine, il vienne, en la faisant descendre, s'appliquer exactement sur le bord également tourné de la cuvette de fonte J, qui forme la plaque d'assise de tout l'appareil. Le contour intérieur de cette cuvette est aussi dressé au tour, pour être exactement cylindrique, afin que le bord extérieur de la roue s'y trouve rigou-

rensement emboîté, de manière à ne pas laisser échapper d'eau par ce joint, tout en marchant librement. Le bord inférieur coudé de l'entonnoir D est garni d'une rondelle de cuir *e* contre laquelle frotte la vanne pour ne pas non plus donner fuite à l'eau dans la partie supérieure.

La manœuvre de la vanne cylindrique est évidemment plus simple que celle de M. Fourneyron; elle n'exige pas non plus les mêmes efforts, parce qu'il n'y a jamais guère que son poids à mouvoir, à monter ou à descendre.

Les quatre tiges verticales *f* qui sont clavetées par le bas dans les oreilles du cercle *d*, sont assemblées, par l'autre bout, à des tubes en fonte G qui s'élèvent au-dessus du niveau supérieur de l'eau, et se terminent chacun par un écrou en cuivre rapporté (fig. 14). Des vis de rappel *g* traversent les écrous, et sont garanties du contact de l'eau par les tubes dans lesquels elles se logent en partie; trois d'entre elles portent chacune à leur tête une manivelle *h*, et la quatrième une roue dentée *k* dont l'un des bras est muni d'un tourillon (voy. l'élévation fig. 5 et le plan fig. 6 de tout ce mécanisme). Ces manivelles et la roue sont reliées entre elles par quatre tringles horizontales en fer *j*, d'égale longueur, et formant ensemble un carré constant, quelle que soit d'ailleurs la position qu'elles occupent; tout leur assemblage est nécessairement par articulation. Ainsi, en imprimant à la roue un mouvement de rotation, ce qui se fait à l'aide d'un pignon droit *l* qui engrène avec elle, elle entraîne naturellement dans cette rotation les tringles et les manivelles, et par suite les vis de rappel *g*. Or, ces vis sont prises dans des collets qui sont venus de fonte avec le croisillon à quatre branches H; elles font donc nécessairement monter ou descendre les écrous, les tubes G et les tiges *f*, par conséquent avec celles-ci la vanne cylindrique C.

Comme le sol de l'établissement est beaucoup au-dessus de ce mécanisme, on a dû, pour pouvoir faire cette manœuvre du haut, prolonger l'axe vertical *m* qui porte le pignon *l*, et le faire traverser une petite colonne de fonte *n* qui lui sert de support. Un volant à poignée est monté au sommet de cet axe, et permet de le faire tourner aisément à la main. Pour des turbines de dimensions bien inférieures à celle-ci, on peut éviter les deux engrenages *k* et *l*, et faire mouvoir directement la vanne par l'une des manivelles *h*.

Le croisillon à quatre branches H est posé sur des charpentes solides et fixé par des boulons; il porte à son centre quatre coussinets plats en cuivre *i*, qui sont placés autour de l'arbre vertical moteur B et le maintiennent. Des coins logés derrière servent à resserrer ces coussinets au besoin, au moyen de vis qui se taraudent dans la fonte même. (Voy. les détails au 1/25e fig. 7 et 8.) Des étoupes bien graissées, logées dans les cavités qui ont été ménagées entre les coussinets, les conservent longtemps dans un état de lubrifaction comme dans un boîtard de moulin.

L'arbre vertical B est d'une hauteur considérable : il traverse deux étages; on a préféré le fondre d'une seule pièce, pour éviter l'assemblage

de manchon ; sa longueur totale est de 8^m25, son diamètre vers le bas, au-dessus de la turbine, est de 0^m25, il se réduit à 0^m22 dans la partie supérieure. Il est maintenu à la hauteur du premier plancher par une boîte à coussinets I, disposée comme le centre du croisillon à quatre branches H; il porte plus haut un grand pignon à denture de fonte P, lequel engrène à la fois avec deux roues horizontales qui commandent chacune deux autres roues semblables, telles que celle Q. Ces dernières roues sont montées sur des arbres verticaux en bois R frettés à chaque bout, et portant chacune les pierres de deux moulins à faïence, dont l'un S est placé sur le premier plancher et l'autre sur un second plancher plus élevé. Ainsi le moteur fait marcher huit moulins semblables, de plus de 3 mètres de diamètre, et correspondent à quatre arbres verticaux en bois, dont deux placés symétriquement de chaque côté des arbres de fonte qui portent les deux roues horizontales intermédiaires. Ces arbres sont mobiles par le bas sur des pivots fixes, et par le haut dans des coussinets.

L'arbre vertical B est encore retenu au-dessus du grand pignon par une chaise en fonte garnie de ses coussinets, et qui est boulonnée à la poutre du second plancher.

La vitesse de cet arbre est de 20 révolutions par minute ; le diamètre du pignon droit qu'il porte est de 1^m65, les roues qu'il doit commander et qui sont montées sur les arbres en bois ont 3^m25 de diamètre : ainsi ces arbres et les moulins font environ 10 tours par minute.

A la partie inférieure de l'arbre est ajustée une pointe d'acier *r* qui est fixée par une ou deux nervures, et qui pivote sur la partie plate et bien trempée d'un fort grain *s* qui est aussi en acier et retenu au fond de l'espèce de poêlette *o*, ménagée au centre de la plaque d'assise J, avec laquelle celle-ci est fondu. L'arbre est de plus maintenu latéralement par un manchon en cuivre *p*, qui est ajusté dans cette poêlette sur toute sa hauteur. (Voy. la coupe verticale de ce pivot dessiné au 1/25e sur la fig. 11.) Le vide formé dans l'intérieur de ce manchon, autour de la pointe et du grain, est constamment rempli d'huile que l'on y amène par un tuyau *q* qui passe sous la turbine, et se bifurque pour s'élever jusque au-dessus du niveau supérieur de l'eau. Au besoin, on pratique une gorge sur la circonférence du grain, et on l'entoure d'une tresse de chanvre pour empêcher l'huile de s'échapper. Un balancier en fer forgé K, ayant d'un côté un point fixe, et de l'autre prolongé pour communiquer à une vis de rappel, permet de soulever le grain quand il est nécessaire.

La difficulté de maintenir le pivot d'une turbine est, comme nous l'avons dit déjà, très-fâcheuse, et a fait renoncer, dans plusieurs circonstances, à l'application de ce système de moteur ; c'est aussi l'une des questions qui ont donné le plus à travailler aux auteurs qui se sont occupés de ce sujet. Malgré l'affluence de l'huile qui arrive d'un réservoir sûr le pivot, malgré les précautions prises pour l'y conserver, la charge quelquefois énorme qui pèse sur lui, ajoutée à la vitesse avec laquelle l'appareil

tourne, le fait user quelquefois rapidement, et il en résulte nécessairement, pour les réparations, des chômages qui peuvent durer plusieurs jours.

M. Cadiat, comprenant toute l'importance de ne pas fatiguer le pivot par une trop forte charge, a cherché à éviter les inconvénients que nous venons de rappeler et qui sont d'autant plus graves en industrie, que l'usine est elle-même plus considérable. A cet effet, il équilibre le poids de tout l'appareil, de manière qu'il ne pèse, pour ainsi dire, plus sur le pivot. Dans la turbine représentée, dont le poids total, avec l'eau, l'arbre et l'engrenage, est énorme, comme on peut facilement en juger, il peut tenir toute cette charge en équilibre, en exerçant en sens contraire une pression presque équivalente. Dans un grand nombre de cas, il lui suffit de mettre en communication le dessous de la turbine dont le bord est exactement tourné et emboîté dans la cuvette de fonte J, avec la partie supérieure du bief, par un tuyau convenablement coudé; il est évident qu'alors la pression de l'eau en dessus et en dessous de la turbine, est à très-peu près la même, le pivot ne supporte plus que le poids de la roue et de l'arbre. Pour toutes les petites turbines établies sur de grandes ou moyennes chutes, et qui sont très-légères par elles-mêmes, cette disposition si simple et si naturelle est tout à fait suffisante, mais pour des chutes faibles, sur lesquelles ordinairement les turbines sont très-grandes de diamètre, et par suite fort pesantes, il faut non-seulement faire équilibre au poids de l'eau, mais encore à une partie au moins de celui de la roue et de son arbre. Ainsi, dans l'exemple que nous avons choisi, comme la chute d'eau est faible, puisque dans les circonstances les plus favorables elle est au plus de 1m50, il ne suffit pas, comme l'auteur le fait pour des chutes plus fortes et avec des turbines moins grandes, d'amener l'eau, par un tuyau qui a son origine vers la surface du niveau supérieur, de ce niveau au-dessous de la turbine, il faut encore augmenter cette hauteur de chute artificiellement.

Pour cela, M. Cadiat a monté, à côté du moteur, une petite turbine L qui n'a pas plus de 0m80 de diamètre extérieur. Cette petite roue est commandée par la grande au moyen de plusieurs roues d'angle; ainsi, son arbre en fer M prolongé porte un pignon d'angle *t* qui reçoit son mouvement d'une roue plus grande, montée sur l'arbre de couche en fer N que soutiennent les deux chaises à coussinets *v*, et dont l'autre bout est aussi muni d'un pignon *u* commandé par une seconde roue d'angle fixée sur l'arbre vertical moteur. La marche rotative de cette petite turbine est donc ainsi proportionnelle à celle de la grande. Au-dessus d'elle est une large plaque de fonte *x*, qui forme au centre une espèce d'entonnoir pour diriger l'eau du bief sur toute la surface de la roue. Ainsi, dans la rotation de cette dernière, cette eau se trouve refoulée dans le canal en fonte O O′, et bientôt dans l'espace libre laissé entre la plaque de fondation et le fond de la grande turbine; comme celle-ci est exactement emboîtée dans la cuvette

que forme le bord de cette plaque, elle ne peut s'échapper, elle tend à soulever la roue, son arbre et toute l'eau qui pèse sur elle.

Il suffisait, d'après le calcul établi par M. Cadiat, dans l'établissement de cette turbine, d'élever l'eau à 0m 80 de hauteur au plus, pour que la pression qu'elle viendrait exercer au-dessous de la roue fasse équilibre à tout son poids et à la charge d'eau. Il a donc dû combiner la petite turbine pour que sa vitesse correspondît à cette hauteur de pression. De cette sorte on comprend combien le pivot est soulagé : il ne fatigue plus, malgré l'énorme charge, et l'on est ainsi bien moins susceptible d'éprouver des chômages. De larges ouvertures, servant de trous d'homme, et bouchées par des soupapes ou clapets en cuir qui ferment hermétiquement, servent au besoin à pénétrer à travers le corps de la turbine pour visiter le pivot; et renouveler certaines parties s'il était nécessaire.

L'auteur a dû évidemment se faire breveter pour les diverses dispositions que nous venons successivement d'examiner : son brevet date de 1840. Il a ajouté depuis, et peu après, une demande en brevet d'addition et de perfectionnement, pour les applications qu'il a faites de sa turbine dans le système de bateau dont nous avons eu l'occasion de parler dans une des livraisons précédentes.

DONNÉES PRATIQUES SUR LA TURBINE DE M. CADIAT.

M. Cadiat, reconnaissant bien que son système de turbines ne peut être assimilé aux roues à réaction, par cela même que la théorie de celles-ci ne lui est aucunement applicable, a cherché à établir une théorie à part, dont il a bien voulu nous communiquer le travail. Dans la construction d'une telle roue, plusieurs de ses éléments peuvent être choisis et déterminés dans des rapports tels à faire varier la vitesse angulaire dans des limites assez grandes, à la volonté du constructeur; ces éléments sont :

1° La différence entre les rayons intérieurs et extérieurs de la roue;

2° L'inclinaison de la partie intérieure des aubes;

3° La différence de section des orifices à l'entrée et à la sortie des aubes.

L'équation générale de la turbine, pour renfermer toutes ces conditions qui font la richesse de ce système, est nécessairement compliquée, et peu à la portée de la plupart des praticiens; nous n'avons pas cru devoir la développer ici, pensant qu'elle trouvera plutôt sa place dans les traités purement scientifiques, dans lesquels ces sortes de théories peuvent être rigoureusement établies par nos meilleurs savants. Nous ne nous attacherons donc qu'à la partie pratique de cette roue.

Nous avons vu que le diamètre extérieur de la turbine de Sarreguemines est de 3m 30; son diamètre intérieur est de 3m 006, et la hauteur de 0m 50.

L'eau, en arrivant sur la roue, agit sur 30 aubes cylindriques, et s'échappe

par conséquent par 30 orifices à la fois, lesquels ont chacun 0m 50 de hauteur sur 0m 147 de largeur dans le sens du rayon, et leur section totale est égale à 0m705.

La vitesse reconnue comme la plus favorable pour l'effet utile est, à la circonférence extérieure, égale aux 6/10es de la vitesse qui serait due à la hauteur de la chute; elle correspond à 20 révolutions de la turbine par minute. Avec cette vitesse, sous la chute de 1m 50, la dépense d'eau par seconde est de 3,230 litres. Lorsque la vitesse de la roue augmente, ou la hauteur de chute, la dépense augmente également.

Au reste, voici d'une manière simple et pratique les relations qui relient ces trois quantités :

En représentant par

U la vitesse de sortie de l'eau par les orifices ;

v la vitesse à la circonférence de la roue ;

h la hauteur de la chute ;

u la vitesse due à cette hauteur ;

$$\text{on a : } U = \sqrt{2gh + v^2} \qquad (1)$$

$$\text{Mais on sait que } u = \sqrt{2gh}$$

$$\text{et puisque } v = 0{,}6\,u \text{ ou } v^2 = 0{,}36\,u^2,$$

il en résulte que l'équation précédente peut être ramenée à celle-ci :

$$U = \sqrt{2gh + 0{,}36\,u^2} \qquad (2)$$

qui, dans le cas actuel, devient :

$$U = 1{,}166\,\sqrt{2gh}. \qquad (3)$$

L'expérience ayant démontré que la contraction, à la sortie des orifices, avait pour coefficient moyen 0,75, en appelant :

Q le volume d'eau écoulée,

S la somme des sections des orifices,

$$\text{on a évidemment : } Q = 0{,}75\,S\,U \qquad (4)$$

d'où, d'après l'équation (3) :

$$Q = 0{,}75 \times S \times 1{,}166\,\sqrt{2gh}$$

$$\text{ou } Q = 3{,}87\,S\,\sqrt{h}$$

Des difficultés locales s'étant opposées à ce que cette turbine fût essayée au frein, il a été impossible de s'assurer de l'effet utile qu'elle réalise;

mais, en comparant le travail qu'elle fait à celui de quatre roues à aubes courbes, placées dans le même établissement de MM. Utschneider, on peut évaluer sa force à 45 ou 46 chevaux, ce qui établit l'effet utile qu'elle réalise à 75 pour 0/0 de la totalité du travail dépensé par le moteur.

Ce résultat a été confirmé par des expériences faites sur une autre turbine du même auteur, montée à Angoulême dans la papeterie de M. Bolle. Les expériences ont été faites (le 8 août 1841) par M. le colonel d'artillerie, directeur de la fonderie de la marine de Ruel, assisté de plusieurs ingénieurs du corps des ponts et chaussées. En voici le résumé :

La chute était de 1m891 ;

Le volume d'eau dépensée par seconde de 0m595 ou 595 litres;

Par conséquent, le travail total dépensé par le moteur, ou la puissance absolue du cours d'eau, était de :

$$1^{m}891 \times 595 = 1125 \text{ kilogrammètres.}$$

L'effet obtenu a été un poids de 52 kilogr. enlevé à l'extrémité du levier d'un frein de 3 mètres de longueur, pendant que la turbine effectuait 58 révolutions par minute;

C'est-à-dire 946 kilogr. élevés à un mètre par seconde.

Le rapport de l'effet utile au travail total dépensé par le moteur s'est donc, dans cette expérience, élevé à plus de 80 pour 0/0.

MACHINE

A FABRIQUER LES CLOUS D'ÉPINGLE

ET LES BÉQUETS

Par M. FIANTZ, mécanicien à Paris

(PLANCHES 35 ET 36)

Le grand nombre de machines propres à la fabrication des clous d'épingle, ou *pointes de Paris,* pourrait donner une idée de la quantité prodigieuse que l'on en consomme en France, si toutes celles que l'on a construites, et dont la plupart ont été brevetées, fonctionnaient convenablement, et surtout avec économie de temps et de force motrice. C'est un des sujets qui ont le plus occupé depuis longtemps l'esprit de nos inventeurs; c'est aussi l'un de ceux qui ont donné lieu à un plus grand nombre de demandes de brevets d'invention et de perfectionnement. Mais comme la question importante, dans ces machines, est de produire à bon marché, toutes celles qui ont été proposées, quoique d'ailleurs plus ou moins ingénieusement combinées, n'ont pu réussir; nous dirons même que plusieurs ont occasionné la ruine de certains établissements. La différence qui existe entre le prix du fil de fer étiré et celui des pointes fabriquées est tellement minime, qu'il faut évidemment, pour qu'un fabricant parvienne à faire des bénéfices, qu'il soit bien monté en appareils, que ceux-ci fonctionnent bien et avec rapidité, et que surtout ils n'exigent pas trop de réparations. Les conditions essentielles de ces machines sont donc de faire vite, d'être très-solides, de ne pas occasionner de chômage et de demander peu de puissance pour être mises en marche. On conçoit alors combien de personnes ont pu échouer dans leur projet, sur un sujet qui, quoique paraissant très-simple d'abord, exige pourtant les plus grands ménagements.

On établit cependant aujourd'hui de ces machines qui donnent les meilleurs résultats; il nous suffirait de citer, comme preuves, la belle fabrique montée depuis quelques années dans le quartier Popincourt, à Paris,

par MM. Lenoble et Lambert, et celles qui ont été montées à la Villette par M. Fiantz, praticien fort entendu, qui s'est exclusivement adonné à cette spécialité. Quoique ces fabriques aient pour moteur des machines à vapeur, dont la dépense en combustible est nécessairement beaucoup plus élevée que celle d'un cours d'eau, nous pouvons dire qu'elles donnent des bénéfices. Mais nous devons ajouter aussi qu'elles sont bien dirigées, et qu'elles réunissent toutes les conditions exigées pour une telle fabrication.

La confection d'un simple clou d'épingle exige plusieurs opérations successives et continues que l'on peut résumer de la manière suivante :

1° Faire avancer le fil de fer d'une quantité proportionnelle à la longueur du clou.

2° Former la tête de ce clou ;

3° Le pincer vers le collet pour le maintenir solidement pendant l'opération.

4° Le couper de longueur et former la pointe ;

5° Faire tomber le clou aussitôt terminé.

On pourra se faire une idée de la rapidité avec laquelle ces opérations doivent être effectuées, en sachant que ces machines doivent donner 120 à 140 clous par minute.

Les diverses machines à clous actuellement en usage n'opèrent pas toutes de la même manière. Ainsi, dans les unes la tête est obtenue par une forte pression, dans d'autres, par un coup de marteau ou par percussion ; il y en a aussi, et c'est le plus grand nombre, où la pointe est conique et faite à l'aide de fraises fixes ou à mouvement de rotation : telles sont les machines bien connues de M. E. Philippe ; telles sont aussi celles de M. Stolz et d'un grand nombre de constructeurs ; et d'autres, au contraire, ou la pointe est pyramidale, et obtenue par des couteaux tranchants : telles sont les machines de M. Lacroix-Saint-Clair, habile manufacturier à Orléans, qui s'est fait breveter il y a bien des années, pour cette application. Il paraît que cette forme est aujourd'hui la plus recherchée dans le commerce.

La plupart de ces appareils, quelle que soit leur disposition, sont ou doivent être établis pour pouvoir fabriquer des clous de différentes longueurs et grosseurs. Plusieurs d'entre eux peuvent faire, non-seulement des pointes de Paris, mais encore des béquets ou clous de cordonnier. Telles sont les machines de M. Fiantz, que nous allons décrire.

Il existe toutefois des machines toutes spéciales pour la fabrication des béquets. MM. Lolot et C[e], de Charleville, ont monté sous la direction de l'inventeur, M. Witaker, un établissement fort important avec de telles machines, dans lesquelles, au lieu d'employer du fil de fer, on fait usage de bandes de tôle ou de fer plat, que l'on présente obliquement à l'entrée d'une espèce de cisaille qui coupe ces bandes en coins, pour les soumettre ensuite successivement à l'action d'un marteau chassé avec force, et qui en forme la tête. Il existe de ces machines de différentes dimensions pour fabriquer des clous plus ou moins longs et gros. Il y a bien une quinzaine

d'années que les propriétaires se sont assurés par un brevet de 15 ans du privilége de l'exploitation de ce genre de machines. Cependant, il en a été proposé d'autres depuis, qui peuvent remplir le même objet. Partout où la pointe de Paris est encore peu en usage, comme en Russie, par exemple, on doit nécessairement employer de telles machines.

Nous ne sachons pas qu'il ait été publié jusqu'ici un seul dessin correct d'une bonne machine à clous; on a bien donné dans le Recueil des brevets expirés, publié sous les ordres de M. le Ministre du commerce, les tracés de différentes vues ou parties d'appareils projetés, mais toujours sur une très-petite échelle et surtout sans aucune proportion ni exactitude; de sorte qu'ils sont loin de suffire, même comme simples renseignements. En cherchant à donner dans notre publication le dessin et la description d'une machine de cette espèce, comme la demande nous en a été faite plusieurs fois, nous avons dù d'abord choisir un système qui fut reconnu supérieur, en pratique, à ce qui avait été proposé ou exécuté précédemment, et aussi le représenter à une grande échelle avec tous les détails nécessaires à sa construction.

Nous avons vu fonctionner les machines de M. Fiantz dans plusieurs établissements; les bons résultats qu'elles donnent, les éloges qu'on nous en a faits, nous ont engagé à prendre ce modèle. Nous lui accordons d'autant plus de confiance que nous savons que ce mécanicien s'occupe depuis fort longtemps de la construction de ces appareils, qu'il y a apporté successivement des perfectionnements d'autant plus utiles, d'autant mieux raisonnés que, fabricant lui-même, il en voit constamment marcher sous ses yeux. Avec l'expérience qu'il a acquise, par les nombreux essais qu'il a faits, il est parvenu, on peut le dire, à établir une machine vraiment parfaite et qui ne laisse rien à désirer.

DESCRIPTION DE LA MACHINE DE M. FIANTZ.

PLANCHES 35 ET 36.

Cette machine est représentée en élévation latérale sur la fig. 1re, en plan sur la fig. 2, et en coupes verticales sur les fig. 6 et 7. La première de ces coupes est faite dans le milieu de la longueur, suivant la ligne 3-4, et la seconde par l'axe moteur, suivant la ligne 5-6. Les autres figures donnent les détails des parties les plus importantes.

De la table ou bati. — La pièce principale A qui compose la table ou le bâti de cette machine est en fonte, et elle porte, on peut le dire, à peu près tout le mécanisme; c'est donc elle qui reçoit tout l'effort; toutes les autres pièces sont comme rendues solidaires avec elle. Aussi le banc sur lequel elle est assujétie, et qui est formé des deux jumelles en chêne B, ne fatigue en aucune manière, il ne sert qu'à supporter la charge et à l'élever à une certaine hauteur au-dessus du sol; mais les chocs, les secousses qui résultent de la marche de l'appareil n'ont, pour ainsi dire,

aucune influence sur lui, ce qui est déjà une condition essentielle pour éviter les détractions qui sont toujours si promptes dans les instruments à percussion. Ces deux jumelles B sont assemblées vers leurs extrémités par de courtes traverses de même force qu'elles, et sur des pieds inclinés qui sont également en chêne. Des boulons à écrous y maintiennent d'ailleurs solidement la table en traversant les oreilles *a* venues de fonte avec elle.

Deux supports coudés A′ sont fondus avec le bâti, et s'élèvent au-dessus de lui, pour recevoir des coussinets en bronze dans lesquels sont mobiles les tourillons de l'arbre moteur de tout l'appareil; ces coussinets, que l'on voit bien sur la coupe transversale fig. 7, sont, comme à l'ordinaire, recouverts de leurs chapeaux en fonte *b*, percés au centre pour les graisser au besoin.

L'intérieur du bâti est d'ailleurs évidé, d'une part, pour être moins lourd, et de l'autre, pour donner passage à la tige du marteau qui vient frapper la tête des clous. Il l'est encore pour l'ajustement de la mordache inférieure qui doit pincer le clou, et plus loin, pour le chariot qui fait avancer le fil de fer.

De l'arbre moteur. — L'arbre C, qui doit communiquer le mouvement à toutes les pièces mobiles de l'appareil, est en fer forgé, tourné partout. Il porte, à l'une des extrémités, deux poulies d'égal diamètre D, D′; l'une fixe sur lui, pour lui transmettre une vitesse de 120 à 140 révolutions par minute; l'autre folle, pour intercepter le mouvement à volonté. Un volant en fonte E, d'une seule pièce, de 0m65 de diamètre est aussi placé sur l'arbre à côté des poulies, pour régulariser la marche du mécanisme; il est évidemment utile, puisque la résistance est constamment variable.

Sur cet arbre sont montées plusieurs cammes ou excentriques qui remplissent chacun une fonction distincte : le premier F, d'une même pièce ajustée et fixée au milieu de l'arbre, dans la ligne d'axe de l'appareil, remplit à lui seul l'objet de trois excentriques, dont l'un *d* est séparé des deux autres *c* par des cloisons ou embases circulaires qui lui sont solidaires et tournées sur toute leur superficie. (Voy. le détail de ce triple excentrique sur les fig. 12 et 13.)

Du marteau qui forme la tête du clou. — La partie du milieu *d* est destinée à opérer le retour du marteau aussitôt qu'il a frappé la tête du clou; à cet effet elle vient agir sur une dent saillante *d′*, fixée par sa longue semelle sur la partie droite de la tige H du marteau (fig. 6 et 7). En origine, M. Fiantz disposait cette partie du mécanisme de telle sorte que la camme *d*, taillée en plusieurs dents, faisait l'office d'un fragment de pignon denté qui engrenait avec une portion de crémaillère solidaire avec la tige du marteau; cette disposition est moins solide que celle représentée et qu'il vient d'adopter. La tige H est en fer forgé, ronde à ses extrémités, et rectangulaire sur une portion de sa longueur dans laquelle deux coulisses droites et angulaires sont pratiquées pour glisser entre les deux coulisseaux fixes I qui lui servent de guide, afin que dans sa course alternative le marteau

conserve toujours une direction parfaitement rectiligne, et correspondant exactement dans la ligne d'axe de la machine. Ainsi l'auteur a eu le soin, pour permettre de régler cette direction de la tige du marteau avec toute la précision désirable, et de manière qu'elle ne puisse prendre du jeu, de disposer les coulisseaux de telle sorte qu'on puisse les serrer à volonté. Pour cela les vis de pression verticales qui les retiennent sur les parties avancées *j* de la table (fig. 7), sont bien taraudées dans celle-ci, mais elles sont libres dans l'épaisseur des coulisseaux qu'elles traversent, et sur lesquels appuie leur tête, et des vis buttantes horizontales, qui ont leurs écrous en fer *k* rapportés sur le bâti, viennent presser derrière les mêmes coulisseaux.

A l'extrémité droite de la tige s'ajuste le piston ou marteau proprement dit H′, dont le bout est en acier trempé, terminé par une face droite perpendiculaire à son axe pour frapper la tête des clous d'épingle ou pointes de Paris, et par une face légèrement creuse en goutte de suif, lorsqu'il doit former la tête des clous dits béquets. Il est fileté à pas triangulaires et très-fins à l'autre extrémité (fig. 15), pour se visser au bout de la tige dans l'axe de laquelle il doit être exactement placé.

La même tige H se prolonge vers la gauche, en diminuant de diamètre sur une partie de sa longueur, en H^2, pour recevoir les ressorts à boudin qui ont pour objet de chasser le marteau avec force, lorsque la camme *d* a abandonné sa dent saillante *d′*, afin de venir frapper la tête du clou par une percussion très-vive. Mais il est de la plus grande importance de proportionner l'intensité du coup à la dimension du clou que l'on fabrique et au diamètre de la tête que l'on veut obtenir. Il faut évidemment pour cela augmenter ou diminuer l'action ou le nombre des ressorts. La disposition adoptée par le constructeur permet d'opérer ce changement avec la plus grande facilité, et surtout très-rapidement, sans exiger beaucoup d'intelligence de la part de l'ouvrier. En effet, sur la queue H^2, qui termine la tige du marteau, il a ajusté deux traverses parallèles en fer J et J′; l'une est à demeure, et l'autre, au contraire, est mobile et peut être plus ou moins écartée de la première; ces traverses sont aussi portées par deux longs boulons K parallèles à la tige, et fixés au côté A^3 qui forme le bout de la table ou du bâti en fonte.

La traverse J est entièrement libre sur les deux boulons, tandis qu'elle butte, comme le montre la fig. 6, contre la partie de la tige qui est plus forte de diamètre. Mais la seconde traverse J′ est munie de deux vis de pression, au moyen desquelles on la maintient sur les deux boulons, tandis que la queue H^2 peut couler librement dans son centre. Or, lorsqu'on veut obtenir une forte pression, c'est-à-dire lorsque le marteau doit frapper de fortes têtes, on garnit les trois tiges H^2 et K de ressorts *l*, comme on le voit sur le plan fig. 2, puis on règle la tension de ces ressorts par l'écartement que l'on donne à la traverse J′, par rapport à la première J; il est évident que plus elles seront rapprochées, plus les ressorts seront

tendus, et plus aussi le coup du marteau sera fort. Quand, au contraire, on ne veut qu'une faible percussion, ce qui doit avoir lieu toutes les fois que l'on fabrique des pointes de petites dimensions, on peut non-seulement réduire la tension des ressorts, en écartant les deux traverses, mais encore en retirant ceux qui sont montées sur les boulons K.

On conçoit combien une telle disposition est avantageuse dans la fabrication, puisqu'elle permet de varier la force des têtes de clous, et par suite aussi, les dimensions de ceux-ci. Dans les machines qui opèrent par simple pression sans chocs, à l'aide d'un excentrique qui pousse graduellement le marteau, on peut aussi évidemment avoir les mêmes avantages, et c'est probablement une des causes qui ont dû faire préférer le système que nous décrivons à celui-ci, quoique ce dernier ait l'avantage d'opérer sans bruit.

Pour que les ressorts *l* ne fléchissent pas, mais qu'ils présentent plutôt une certaine dureté, et qu'ils soient aussi moins susceptibles de se rompre, le constructeur a le soin de les faire toujours en plusieurs parties séparées par des bagues en fer *m*, qui, de forme conique à chaque bout, soutiennent les extrémités de ces ressorts, et jouent comme eux librement sur leurs tiges.

Des machoires et des couteaux qui forment la pointe du clou. — Les deux cammes latérales *c* (fig. 2), qui appartiennent au premier excentrique F, sont destinées à faire rapprocher les couteaux pour couper le clou en formant la pointe. Elles agissent à cet effet, lorsque le marteau est retiré vers la gauche, sur les galets qui sont ajustés à l'extrémité des mâchoires ou porte-couteaux en fer G. Ceux-ci sont forgés avec des parties cylindriques et verticales G′, terminées, de chaque bout, par des tourillons *e* qui leur servent de centre d'oscillation. Les tourillons du bas sont ajustés dans une traverse fondue avec la table, ou rapportée sous cette dernière, et ceux du haut sont tenus dans le chapeau en fer *f* qui est boulonné par ses extrémités sur les appendices A^2, également venues de fonte avec le bâti. Il est évident alors que, lorsque les cammes *e* rencontrent les galets qui sont adaptés à la queue des mâchoires, elles tendent à les arrêter à cette extrémité, et par conséquent à rapprocher l'autre bout qui porte les couteaux *h*.

Ceux-ci sont entièrement en acier fondu et trempé, et présentent la forme qui est indiquée, à moitié d'exécution, sur la fig. 17, pl. 36. On voit que leur partie tranchante se compose de trois arêtes, dont l'une *a′ b′* se trouve dans une direction perpendiculaire à celle du fil de fer qu'elle doit couper, et les deux autres forment entre elles un angle d'environ 40°, et avec la première des angles de 70°; les deux dernières ont pour but de former la pointe du clou; elles le coupent en lui donnant une forme pyramidale, à base quadrangulaire ou carrée.

Cette forme paraît de beaucoup préférable à celle conique que l'on employait généralement dans le commerce; elle facilite l'entrée du clou dans

le bois, et ne tend pas autant à fendre celui-ci. M. Lacroix-Saint-Clair, d'Orléans, a compris le premier le bon effet que l'on obtenait de ces clous à pointe pyramidale ; aussi, en cherchant à appliquer à ses machines des couteaux convenables pour obtenir cette forme, il avait cru devoir prendre un brevet d'invention et de perfectionnement (1).

Cependant, malgré le privilége qui lui fut accordé, cet habile fabricant ne tarda pas à rencontrer des imitateurs qui se persuadèrent, sans doute, que son brevet, ne consistant qu'en un changement de forme, ne pouvait avoir de valeur. Ils ne remarquèrent pas qu'une simple modification de forme, lorsqu'elle constitue un perfectionnement, peut donner lieu à l'obtention d'un brevet. Or, il y avait, par cette seule transformation de la forme conique à la forme pyramidale, un véritable perfectionnement, puisque l'auteur l'avait démontré, non-seulement en formant sa demande, mais encore en plaçant ses produits plus avantageusement dans le commerce, qui les préférait à d'autres. Les imitateurs, d'ailleurs, le prouvaient évidemment eux-mêmes, puisqu'ils reconnaissaient que leurs produits étaient également mieux reçus lorsqu'ils adoptaient la forme pyramidale ; à moins cependant que cette forme n'ait déjà été mise en usage antérieurement à la demande du brevet. Quoi qu'il en soit, cette forme parait généralement se répandre de plus en plus, et l'on donne tout à fait la préférence aux machines qui permettent de l'obtenir, et qui, par conséquent, sont munies de couteaux semblables à ceux de l'appareil représenté sur les planches 35 et 36.

Ces couteaux sont fortement pincés dans leurs mâchoires par de larges équerres en fer *g*, qui sont fixées à vis sur celles-ci, et des vis de pression *d*, taraudées, derrière, en règlent exactement la position. Voy. les détails aux 2/5es d'une tête de porte-couteau, représentée en coupe verticale et par bout sur les fig. 4 et 5, pl. 35.

Dès que la pointe du clou est faite, il faut évidemment que les couteaux s'écartent pour le laisser tomber, et laisser approcher à son tour le marteau qui doit frapper une nouvelle tête. Les cammes *c* ont, à cet effet, abandonné les galets sur lesquelles elles s'appuyaient ; mais d'autres cammes *c'*, d'une forme différente, et placées aussi différemment sur l'arbre C, avec lequel elles sont solidaires, viennent se présenter contre les mêmes galets, et dans la rotation de l'arbre elles tendent naturellement à les rapprocher ; les mâchoires obéissent donc à un mouvement contraire à celui qu'elles avaient reçu, et leurs couteaux s'éloignent.

On conçoit qu'il faille apporter la plus grande justesse dans la position de ces cammes, pour qu'elles agissent ainsi bien à propos, et toujours successivement. Leur contour doit aussi être bien tracé, pour qu'elles ne produisent pas de chocs quand elles fonctionnent.

Des mordaches qui pincent le fil. — Il est de toute nécessité,

(1) Le bel établissement de M. Lacroix-Saint-Clair ayant été incendié il y a quelques années, il obtint du gouvernement une prorogation de son brevet qui du reste est maintenant expiré.

comme on le pense bien, que le fil de fer soit bien maintenu au moment où le marteau vient frapper la tête, et pendant que la pointe se coupe. Les pinces ou mordaches qui doivent ainsi le serrer fortement, ne peuvent néanmoins être fixées, parce qu'il faut qu'elles laissent avancer le fil chaque fois qu'un clou est formé. Il faut donc que ces pinces s'ouvrent et se ferment alternativement, et dans les instants voulus. C'est encore par ces deux excentriques montés sur l'arbre moteur C que ce changement est opéré. L'un de ces excentriques, celui P, dont on voit bien la forme en détail sur la fig. 14, est en fer forgé méplat, et fixé sur l'arbre par une nervure. Il doit agir, dans son mouvement de rotation, contre un galet cylindrique *r* (fig. 2 et 7), lequel est ajusté libre sur un boulon qui traverse le centre de la fourche à deux branches qui termine la grande pièce courbe O.

Cette pièce est aussi en fer forgé ; elle a son centre d'oscillation sur un fort boulon *q*, qui est fixé dans une oreille venue de fonte, sur un côté de la table ou du bâti A, comme on peut le voir sur la fig. 8 (pl. 36), laquelle est une coupe transversale faite suivant la ligne 7-8 (fig. 6). L'autre extrémité de la même pièce O, forme également fourche, et reçoit la partie inférieure d'une forte platine verticale en fer N, qui est percée d'un trou elliptique pour recevoir le tourillon de même forme qui termine le premier porte-pince. Celui-ci n'est autre qu'un fort levier en fer forgé M ayant son point d'appui sur un boulon à écrou rapporté dans les oreilles *p*, qui sont encore fondues avec l'autre côté de la table (fig. 2 et 8). Ainsi, lorsque l'excentrique P soulève le galet *r*, la bride N descend, et avec elle le porte-pince M et la griffe ou mordache *n'*, qui y est ajustée à queue d'hironde, et qui alors vient s'appuyer sur une mordache semblable *n*.

Cette seconde mordache est aussi ajustée à queue d'hironde dans un porte-pince fixe L, en fer forgé, qui repose par plus des deux tiers de sa longueur sur des parties avancées A^4, fondues encore avec le bâti de la machine. Ce porte-pince est taraudé à son centre comme le premier, pour recevoir une vis de pression *o*, afin de permettre de régler exactement la position des pinces, et l'écartement qui doit exister entre elles, lorsqu'elles sont rapprochées, proportionnellement à la grosseur du fil de fer employé. Lorsque cette position est fixée, on ne la change pas, évidemment, tant qu'on se sert du même numéro du fil. La pince inférieure ne bouge pas alors, c'est seulement la pince supérieure qui s'élève et se baisse successivement. Nous venons de dire comment, à l'aide de l'excentrique P, elle peut se rapprocher de la première; il nous reste à voir comment elle peut aussi s'en écarter.

Remarquons qu'à l'extrémité du tourillon qui porte le galet *r* (fig. 2 et 7) est agrafé un levier courbé en fer Q, qui est tenu appliqué contre l'extérieur du support A', par un boulon à écrou, mais non pourtant d'une manière invariable, parce qu'à sa partie inférieure est pratiquée une coulisse qui est traversée par ce boulon, de sorte qu'il peut monter ou descen

dre, en restant toujours dans le même plan vertical. Or, vers l'extrémité de l'arbre moteur, en dehors de son coussinet, est montée une camme ou bague en fer *s* qui porte une dent saillante que l'on voit bien sur la fig. 1re. Cette dent vient rencontrer, lorsqu'elle descend, et qu'elle se trouve au-dessous du centre de l'arbre, une espèce de mentonnet à plan incliné qui est solidaire avec le levier; et comme en ce moment la partie la plus grande de l'excentrique P abandonne le galet *r*, le levier, forcé de descendre, tire avec lui le boulon, le galet, et par suite la queue de la pièce courbe O. Par conséquent le porte-pince M est soulevé, et la mordache supérieure *n'* s'écarte de celle inférieure *n* qui reste en place. On conçoit que l'instant pendant lequel s'effectue cet écartement doit être extrêment court; il faut que les pinces restent un peu plus de temps fermées qu'ouvertes, car il y a deux opérations successives à faire pendant lesquelles le fil de fer doit être bien maintenu, ce sont celles de la confection de la tête et de la pointe du clou; tandis qu'il n'y en a qu'une pendant laquelle le fil doit être libre, c'est lorsqu'il avance. Aussi l'auteur a-t-il eu le soin de donner à la portion circulaire extérieure de l'excentrique P un grand développement, c'est-à-dire environ la moitié de la circonférence, pour que la queue de la pièce courbe O reste soulevée pendant environ une demi-révolution de l'arbre; par conséquent les pinces restent fermées au moins pendant tout ce temps, qui est d'ailleurs toujours très-court si l'on remarque que cet arbre doit faire 120 à 140 tours par minute.

Comme les porte-pinces L et M doivent recevoir, au moment où ils sont serrés, tout le contre-coup du marteau, puisque c'est entre eux et le bout de celui-ci que la tête du clou doit se former, il faut évidemment qu'ils soient bien solidement maintenus par derrière, pour résister à ces chocs continuels, sans fléchir, sans même éprouver la moindre vibration. A cet effet le constructeur n'a pas craint de ménager de forts renflements *p'*, qui sont fondus avec le bâti, et qui servent de contre-forts; ils sont arrondis comme le montre le plan (fig. 2), et laissent entre eux un espace suffisant pour livrer passage au fil de fer qui vient successivement se présenter à l'action des pinces.

On peut aisément voir par les détails (fig. 16), qui représentent une de ces pinces aux 2/5es d'exécution, que la partie qui doit serrer le fil, présente la forme d'un demi-cylindre que l'on a eu le soin de tailler préalablement comme la mâchoire d'un étau, afin qu'elles ne puissent, en pénétrant dans le fil, le laisser glisser, surtout au moment où il reçoit le coup de marteau. C'est pourquoi on remarque toujours vers la tête des clous, et sur deux parties opposées, l'empreinte des dents des mordaches.

Mécanisme pour faire avancer le fil. — Le fil de fer destiné à la fabrication des clous est ordinairement enroulé sur une grande poulie en bois à rebords Z, qui est montée sur un axe carré en fer, libre sur ses tourillons. Il faut donc que le fil se déroule successivement, au fur et à mesure que les clous se fabriquent, d'une quantité proportionnelle à la

longueur que doivent avoir ces derniers, y compris celle nécessaire pour la formation de la tête. Cette quantité doit être estimée et réglée à l'avance, et la machine doit elle-même fournir constamment la même longueur.

Le mécanisme appliqué par M. Fiantz pour remplir ce but est fort simple; il consiste dans la disposition d'un petit chariot en fonte V, qui est denté en dessous, comme une crémaillère, pour engrener avec un secteur droit U′ faisant l'office de roue d'engrenage (fig. 6). Il en reçoit ainsi un mouvement de va-et-vient, dont l'amplitude est déterminée par la limite même de la marche angulaire du secteur; il est d'ailleurs maintenu dans la direction rectiligne qui correspond exactement à l'axe du marteau, par les deux coulisseaux *u* entre lesquels il glisse, et qui sont boulonnés sur la table de fonte A (fig. 9). Sur ce chariot sont ménagées deux platines verticales entre lesquelles est ajustée, à charnière, une espèce de rabot en fer *v*, qui renferme, dans son intérieur, un burin incliné *v′* dont le biseau vient s'appuyer sur le fil de fer.

On règle d'avance la pression de ce burin sur le fil au moyen d'une vis à tête placée dans son prolongement, et on l'y maintient par une seconde vis qui lui est perpendiculaire. Derrière le rabot est un ressort v^2, dont l'extrémité presse contre la queue de celui-ci, afin de tendre à le faire rester dans la position qu'il occupe sur le dessin fig. 6, et par conséquent à forcer le burin à s'appuyer sur le fil.

Pour transmettre au secteur denté U′ un mouvement circulaire alternatif, le constructeur a placé à l'extrémité de l'axe horizontal T, au milieu duquel ce secteur est retenu par une vis de pression, une manette R′ qui reçoit elle-même un mouvement semblable du moteur par l'intermédiaire de la longue bielle en fer forgé S, et par la manivelle R à laquelle elle est reliée (fig. 1 et 2). Cette dernière, d'un rayon nécessairement plus court que celui de la manette, décrit un cercle entier à chaque révolution de l'arbre C, tandis que la manette ne peut alors décrire qu'une portion de circonférence, dans le même temps, puisque les angles parcourus ou les vitesses angulaires sont, comme on le sait, en raison inverse des rayons.

Mais la manette n'est pas fixe sur le bout de l'axe T; elle y est, au contraire, ajustée d'une manière libre; par conséquent, elle ne pourrait faire osciller cet axe et son secteur, si l'on n'avait ajouté derrière elle un second secteur non denté U. (Voy. la fig. 9, qui est une section transversale faite suivant la ligne 9-10.)

Or, ce secteur porte vers les angles deux goujons *t*, contre lesquels viennent battre alternativement les côtés latéraux de la manette, dans chacun de ses mouvements; il en résulte, par suite, que le secteur reçoit lui-même, ainsi que l'arbre sur lequel il est fixé par une vis de pression, un mouvement alternatif qui est nécessairement interrompu; car, comme les deux goujons sont écartés (fig. 1) d'une quantité plus grande que la largeur de la manette, il est évident que lorsqu'elle agit sur l'un, elle le force à marcher; mais en revenant, elle le quitte avant de se trouver en contact

avec l'autre; par conséquent, le secteur reste en repos, pendant l'instant que les deux goujons sont abandonnés. On voit donc que pour augmenter ou diminuer l'amplitude du mouvement alternatif des secteurs, il suffit de diminuer ou d'augmenter l'écartement des deux goujons *t*; on le peut facilement par la coulisse que l'on a eu le soin de ménager dans le secteur U. Ainsi, par cette disposition toute simple et fort commode, on a l'avantage de pouvoir régler très-aisément la marche du chariot, et par suite la quantité de fil qui doit s'avancer pour donner la longueur du clou que l'on veut obtenir.

Mécanisme pour faire tomber le clou. — Aussitôt que la pointe d'un clou est formée, on peut dire qu'il est fait; cependant comme il pourrait rester encore attaché au prolongement du fil de fer, ou s'engager dans le mécanisme, il importe de le faire tomber rapidement au-dessous. Le constructeur a aussi conçu pour cet objet une disposition qui est bien ingénieuse, et d'autant plus remarquable que sans gêner aucune des parties du mécanisme précédent, elle opère avec une régularité et une exactitude extrêmes. Ainsi, au-dessus du marteau, M. Fiantz place une espèce de doigt courbé X, dont le bout s'abaisse au moment voulu, et vient frapper légèrement sur la tige du clou pour le faire tomber, comme on peut aisément le comprendre sur la coupe verticale fig. 10. Ce doigt est ajusté au milieu d'un axe horizontal X', dont les tourillons sont mobiles dans des collets rapportés sur les côtés des supports A'; il en reçoit donc un mouvement alternatif qui est communiqué à cet axe par un petit levier, également fixé sur lui, et dont l'extrémité s'engage dans une espèce d'encoche pratiquée sur une partie de l'épaisseur d'un disque à joue Y, qui est monté sur l'arbre moteur C (fig. 10 et 11). Dans la rotation de cet arbre, on peut concevoir que tant que la partie circulaire du disque est en contact avec le bout du levier *x*, celui-ci ne bouge pas, le doigt X reste donc soulevé; mais dès que l'encoche vient le rencontrer, il s'y projette par le poids propre du doigt, qui tombe aussitôt sur le clou et le détache. Au fur et à mesure que les clous sont achevés, ils sont reçus dans un tiroir ou une caisse placée immédiatement au-dessous du banc de la machine.

Observations. — Sur une partie de la circonférence de la joue du disque Y, l'auteur a formé une denture angulaire, comme celle d'une roue à rochet, et dans laquelle s'engage le bout d'un cliquet d'arrêt *y*, qui a pour objet d'empêcher l'arbre moteur C de se détourner, ce qui pourrait avoir lieu lorsqu'on arrête la machine, par exemple, si l'interruption du mouvement avait lieu pendant que le marteau serait poussé par les ressorts; la saillie *d'* venant rencontrer la camme *d*, ferait nécessairement revenir l'arbre sur lui-même, le marteau frapperait, et il pourrait en résulter quelques accidents, tandis que l'arbre étant retenu ainsi par le cliquet qui reste engagé dans les dents du disque Y par le ressort *y'*, ne peut plus évidemment se détourner; la camme *d* arrête alors le marteau

et l'empêche de frapper. Cette addition, qui est d'une grande simplicité, est une bonne sûreté pour la machine, parce qu'elle évite des accidents qui pourraient être plus ou moins graves.

Poulies de tension. — Entre le tambour Z qui porte le fil de fer z et le chariot qui l'amène successivement sous l'action du marteau et des cisailles, le constructeur a cru devoir placer un système de poulies qui ont pour objet de maintenir le fil constamment tendu, afin qu'il ne se présente pas tortillé ou courbé sous les pinces. Ce ne sont autres que de petites poulies à gorge z' dont trois sont placées sur un même plan horizontal, et deux sur un plan parallèle mais plus élevé; le fil est nécessairement obligé de passer entre ces poulies, et se trouve plus ou moins tendu par elles, suivant qu'on rapproche les deux dernières des autres, au moyen des vis de rappel z^2, qui se taraudent dans des petites pièces rectangulaires servant de supports aux tourillons de ces poulies, et ajustées à coulisses dans le châssis de fonte Z'. Ce dernier est assis par une large embase sur un madrier en bois qui est rapporté sur le banc de l'appareil. Une section transversale de ce système, faite suivant la ligne 1-2 par le centre de l'une des poulies supérieures, est représentée sur la fig. 3, pl. 35.

Couteaux pour les béquets. — Comme nous l'avons dit en commençant, M. Fiantz a conçu qu'on pourrait fort bien faire des béquets sur sa machine, et qu'il suffisait pour cela de changer les couteaux ou cisailles qui sont destinés à faire les pointes des clous d'épingle, ou d'y apporter une simple modification, laquelle consiste à évider l'arête tranchante $a'\,b'$, comme on l'a représenté sur le détail fig. 18, qui désigne exactement un couteau propre à faire les béquets c^3. On modifie aussi le marteau : son extrémité doit être légèrement creuse, au lieu d'être plane comme sur la fig. 15, afin de former une tête plus arrondie. Enfin on règle la course du chariot qui fait avancer le fil de fer, de manière qu'elle se trouve considérablement réduite par rapport à celle qui détermine la longueur des pointes. On obtient ainsi, par ces légères modifications, des béquets ou clous à soulier, aussi bien exécutés que les meilleures pointes.

JEU ET TRAVAIL DE LA MACHINE.

Nous osons espérer que, d'après la description qui précède, on a pu comprendre la construction de toutes les pièces qui composent la machine de M. Fiantz; pour la compléter, nous pensons qu'il ne sera pas sans intérêt de dire quelques mots sur son jeu et son travail.

Le fil de fer z, enroulé préalablement, comme nous l'avons dit, autour de la poulie en bois Z, est amené entre les mordaches par le chariot mobile V, après avoir toutefois passé entre les petites poulies de tension z'. On commence par placer ce fil de fer, de manière que son extrémité désaffleure à l'intérieur des pinces n et n', d'une petite quantité, afin de faire la première opération qui consiste dans la formation de la tête du clou.

En ce moment les deux pinces sont rapprochées et pressent le fil assez fortement pour qu'il ne puisse glisser; le marteau vient alors frapper sur le bout, et l'aplatit, comme on l'a supposé fig. 6. Il se retire aussitôt, pour laisser avancer le fil qui le suit, parce qu'alors le burin v', conduit par le chariot, marche dans cette direction de droite à gauche, jusqu'à ce qu'il ait parcouru une distance correspondante à la longueur du clou. Les deux mâchoires G, qui étaient restées écartées, se rapprochent alors, et les couteaux *h* viennent couper le fil en formant en même temps la pointe du clou. Celui-ci peut tomber naturellement s'il est entièrement détaché du fil; mais pour plus de sûreté, et afin que sa chute soit plus promptement déterminée, le doigt X vient s'appuyer sur lui subitement et se relève immédiatement, afin de laisser revenir le marteau sur lui-même et lui permettre de frapper de nouveau.

Les opérations se continuent ainsi successivement sans interruption, et avec une vitesse telle qu'on peut, à peine, en suivre tous les mouvements, surtout lorsqu'on ne connaît pas d'avance la disposition et les détails de l'appareil. On peut se faire une idée de la rapidité avec laquelle le travail est effectué, si l'on remarque que pour des clous d'une moyenne dimension, c'est-à dire de 3 à 4 centimètres de longueur, l'arbre moteur C doit faire 125 à 130 révolutions par minute, et que cette vitesse peut s'élever à 140 ou 150 tours, lorsqu'on veut faire des pointes de plus petites dimensions. Ainsi chacune des parties mobiles de la machine doit se mouvoir au moins deux fois dans le court espace d'une seconde.

La machine que nous avons représentée peut faire des clous de différentes forces, depuis 2 centimètres jusqu'à 6 ou 7 centimètres de longueur. Cependant nous croyons qu'il est rationnel pour une fabrication continue qui doit marcher sur une grande échelle, de proportionner la machine, pour faire, chacune, de certains numéros de clous, dans une limite beaucoup plus restreinte. Il vaut évidemment mieux appliquer une petite machine à ne faire que des petits clous, une plus forte pour les moyens, et la plus puissante pour les plus grands, plutôt que de chercher à faire toutes les dimensions avec le même mécanisme. Du reste, le constructeur l'a toujours bien compris ainsi, car il établit de ces appareils sur différents modèles; il en exécute depuis 1,500 fr. jusqu'à 3,000 fr. La machine qui vient d'être décrite revient à 2,000 fr., prise à Paris, dans l'atelier du constructeur.

Il y a des machines à clous d'un prix bien moins élevé; mais il en est de ces appareils de fabrication comme de beaucoup d'autres, ce ne sont pas toujours ceux qui coûtent le moins qui sont les plus économiques : on doit rechercher avant tout la solidité, la bonne exécution, et le meilleur système.

NOTICES INDUSTRIELLES

FOUR A RÉCHAUFFER LE FER.

M. Pauwels a fait faire à son four à réverbère, destiné à chauffer les fers à corroyer, une application qui nous paraît fort heureuse. On sait que ces fours sont ordinairement alimentés par l'air libre qui arrive directement sous la grille; sans rien changer à la disposition habituelle, M. Pauwels a fait seulement ajouter un tuyau qui amène de l'air du ventilateur, et qui sort en une lame très-mince par une tubulure large et aplatie. Cet air se projette sous la grille, et se mêle avec celui qui vient de l'extérieur; il en résulte un feu beaucoup plus actif. On nous a assuré que l'on obtenait par cette addition au moins une chauffe de plus par jour; on a eu outre cet avantage, que l'on peut brûler des menus charbons que l'on ne pouvait pas employer auparavant pour alimenter le four.

L'air arrive du ventilateur avec une pression très-faible, car en plaçant la main au-dessus de la tubulure élargie, on le sent à peine. Nous croyons que cette application faite aux fourneaux de chaudières à vapeur, pourrait avoir aussi quelques bons résultats.

Déjà M. Hallette et d'autres constructeurs avaient proposé, il y a plusieurs années, d'alimenter les foyers de locomotives et de bateaux à vapeur, par de l'air forcé venant du ventilateur. Nous ne savons si les expériences ont été conduites à bonne fin, mais nous pensons qu'il y a certainement quelque chose à obtenir dans plusieurs circonstances.

Pour brûler de l'anthracite dans des fourneaux à vapeur ou à gaz, on emploie quelquefois aussi un courant d'air forcé, en bouchant complétement le cendrier qui n'a plus de communication avec l'air extérieur. Dans quelques usines on a ajouté un courant de vapeur.

VENTILATEUR.

Un accident qui est survenu aux tuyaux de conduite du ventilateur, à plusieurs des forges de l'établissement, a aussi engagé M. Pauwels, alors propriétaire des ateliers de La Chapelle, à remplacer les registres qui se trouvent derrière chaque feu de forge, par des robinets en fonte rodés, dont la fermeture est plus complète que par des portes. Ces robinets, qui se manœuvrent avec la même facilité que les registres, à l'aide d'une simple clef, donnent de bons résultats.

NOUVELLE LOCOMOTIVE PAR M. STEPHENSON.

Les recherches de l'auteur se sont dirigées vers les moyens de diminuer la consommation du combustible dans les machines locomotives, et de simplifier leur mécanisme.

Il atteint le premier but en augmentant la surface de chauffe, c'est-à-dire en allongeant les tuyaux conducteurs de la chaleur, sans augmenter la distance entre le train de devant et celui de derrière. Dès lors l'espace

occupé par la machine est le même que dans celles ordinaires, et il n'est besoin d'aucune modification dans les plateaux tournants.

M. Stephenson a placé les essieux directement sous la chaudière, celui de l'arrière-train près de la partie antérieure de la boîte à feu. De cette manière, l'axe des roues motrices se trouve placé au milieu, ou à des distances égales des deux autres essieux.

Les modifications apportées dans la construction de la chaudière et des tubes, procurent un surface de chauffe de 250 mètres de longueur, tandis que dans les locomotives ordinaires, elle excède rarement 140 mètres; il y a donc une augmentation de 110 mètres; aussi la presque totalité de la chaleur est absorbée au profit de la chaudière, d'où résultent une économie notable dans la consommation du combustible et un tirage moins actif; une très-petite quantité de cendres rouges est projetée par la cheminée. Cet effet est surtout remarquable dans les locomotives qui circulent actuellement sur le chemin de fer d'York; pendant un trajet de 90 milles (36 lieues), aucune parcelle de cendre ne fut lancée par la cheminée, et l'accumulation de la fumée fut peu considérable. La vitesse a été de 20 à 30 milles (8 à 12 lieues) à l'heure, avec une charge de 8 wagons; on a consommé 9 kilogrammes de charbon par heure.

M. Stephenson a remplacé les tubes en cuivre par des tubes en fer forgé, ce qui lui a permis d'en augmenter le nombre sans accroissement de dépense; il y en a 150. Il a aussi disposé les tiroirs sur les côtés du cylindre au lieu de les placer au-dessus, et il a simplifié le mécanisme de la pompe alimentaire.

Le diamètre du cylindre à vapeur est de 0m 37; la longueur du coup de piston de 0m 52. Le diamètre des roues motrices est de 1m70, et celui des autres roues de 1 mètre. Le poids total de la locomotive est de 15 tonneaux = 15,000 kilogrammes. (*Civil engineers journal*, 1842.)

Nous donnons au commencement du IVe vol. le dessin et la description de l'une des dernières locomotives livrées par Stephenson en 1843 au chemin d'Orléans.

M. Pauwels a aussi, dans les locomotives qu'il s'est chargé de construire pour le gouvernement, adopté la disposition des tiroirs de distribution placés sur les côtés des cylindres, et mus directement par les tringles des excentriques, ce qui simplifie évidemment le mécanisme; ces tiroirs sont alors verticaux et parallèles, au lieu d'être couchés horizontalement comme précédemment. Il a également augmenté la surface de chauffe de la chaudière, d'une manière notable; mais nous croyons que pour rendre profitable l'application de la détente, telle qu'elle est employée aujourd'hui, les diamètres des cylindres à vapeur, qui n'ont que 33 centimètres, devraient être sensiblement plus grands, et être portés à 37 ou 38 centimètres, comme on l'a fait dans plusieurs locomotives du chemin de fer de Versailles (rive droite). — Voir la 3e livr. du IIIe vol., et la 1re livr. du IV.)

ROUES HYDRAULIQUES

À AUGETS

RECEVANT L'EAU A LEUR SOMMET

CONSTRUITES SOIT EN FONTE ET EN FER, SOIT EN BOIS ET EN FONTE

(PLANCHES 37 ET 38)

Les roues hydrauliques à augets sont, sans contredit, de tous les systèmes de moteurs à eau proposés ou mis en usage, ceux qui peuvent donner le plus grand effet utile, relativement à la force brute de la chute d'eau disponible, lorsqu'elles se trouvent dans de bonnes conditions, et qu'elles sont bien établies soit sous le rapport de la disposition du vannage et de l'admission de l'eau, soit sous le rapport du tracé ou de la forme des augets, de leurs dimensions et de leur vitesse.

On distingue dans les usines deux espèces de roues à augets, savoir : 1° celles dans lesquelles l'eau est admise immédiatement à leur sommet ; 2° celles qui admettent l'eau à 30, 40 ou 50 degrés au-dessous du sommet. Les premières, que nous croyons préférables dans tous les cas aux secondes, sont et doivent être employées lorsque les hauteurs de chute le permettent, et que les variations de niveau ne sont pas trop considérables ; les dernières peuvent être appliquées principalement dans le cas où le niveau et les dépenses d'eau sont très-variables, ou quelquefois d'après des considérations particulières.

Ces roues présentent l'avantage de ne pas exiger, en général, de travaux d'eau pour leur établissement ; leur pose est par cela même très-facile, leur entretien très-peu dispendieux, et quand elles sont bien construites, elles n'occasionnent presque pas de chômage. Elles sont capables de rendre, en effet utile, les 70/100 aux 75/100, et même parfois les 78/100 du travail absolu du moteur, en déduisant la force employée par le frottement de leurs tourillons. Elles peuvent être établies sur des chutes de 3 mètres et beaucoup au-dessus ; comme aussi, lorsque le volume d'eau à disposer est peu considérable, on peut encore les établir, préférablement à d'autres systèmes, sur des chutes de 2 à 3 mètres.

Elles offrent de plus, l'avantage de pouvoir marcher à des vitesses sensi-

blement différentes, sans trop s'éloigner du maximum d'effet, ce qui permet de les mettre plus facilement en rapport avec les machines à mouvoir, et d'utiliser des cours d'eau très-puissants, sans être obligé de leur donner une largeur démesurée. On peut également les emboîter dans un coursier circulaire, à partir du centre jusqu'au bas, pour mieux utiliser la chute, surtout lorsqu'elles marchent à de grandes vitesses, parce qu'alors la force centrifuge tend à projeter l'eau en dehors des augets, bien avant le point où cette eau s'en échapperait naturellement.

Elles ont, à la vérité, l'inconvénient de ne pouvoir marcher qu'avec peine, lorsqu'elles sont noyées par l'eau inférieure, de plus de la hauteur de leurs couronnes; cependant nous donnerons l'exemple d'une roue construite avec des sorties d'air qui lui permettent de fonctionner encore étant en partie baignée. Comme il n'existe pas, que nous sachions, d'ouvrage pratique qui traite de la construction et de l'établissement des roues hydrauliques, en général, nous avons pensé qu'il serait de notre devoir de donner dans ce Recueil, qui est principalement adressé aux praticiens, les modèles des divers systèmes qui sont actuellement en usage, en choisissant surtout ceux dont les résultats sont tout à fait satisfaisants. La question des roues à augets est d'autant plus importante, qu'un assez grand nombre, quoique établies dans ces dernières années, n'ont pas été exécutées suivant les meilleures conditions; nous avons à les étudier non-seulement sous le rapport de la construction et de l'emploi des matières, mais encore sous celui du tracé géométrique, de la forme et des dimensions des augets. Nous tâcherons de donner à cet effet des règles simples, et à la portée des constructeurs, des contre-maîtres et des ouvriers intelligents.

Les anciennes roues à augets étaient entièrement construites en bois, à l'exception des deux tourillons. Mais depuis les nombreuses applications de la fonte et du fer dans les machines, on a dû successivement apporter dans leur construction des changements importants qui leur donnent plus de solidité et de durée, et par suite occasionnent moins de chômage. Ainsi, on établit depuis quelques années des roues qui sont entièrement en fonte et en fer, et qui fonctionnent constamment sans exiger de réparation. Ces roues sont nécessairement fort coûteuses, comparablement aux premières, surtout en France, où ces matières se trouvent encore à un prix élevé; mais aussi elles ont l'avantage de ne presque pas causer de frais d'entretien. On en établit aussi, partie en fonte et en fer, et partie en bois. Ce système, de construction mixte, est encore le plus souvent employé, parce qu'il est beaucoup moins coûteux; il est vrai qu'il ne peut présenter la même durée, quelque bien établi qu'il soit d'ailleurs.

Nous aurons à faire connaître, en donnant les poids de diverses roues montées et fonctionnant, leur prix de revient, afin qu'elles puissent servir de base soit aux constructeurs chargés d'en exécuter d'analogues, soit aux industriels qui voudraient en faire établir, et qui seraient bien aises d'avoir

des données positives, avant de se décider pour tel ou tel système de construction. C'est une question, nous le savons, qui embarrasse souvent le manufacturier ou le propriétaire qui fait monter une usine, de n'être pas suffisamment renseigné sur le système de construction du moteur hydraulique qu'il doit préférer. Nous croirons avoir rendu quelque service en essayant de donner des documents sur une partie aussi intéressante, qui n'a pas, jusqu'ici, été traitée d'une manière suffisamment complète, surtout sous le rapport de la construction et des prix de revient.

Nous allons donc commencer par décrire les divers systèmes de construction de roues à augets, puis nous exposerons, aussi simplement que possible, les règles pratiques pour pouvoir les établir, et après avoir fait connaître les résultats de leur effet utile, nous terminerons en donnant le poids et le prix de plusieurs exécutées sur des dimensions, dans les localités et avec des matières différentes.

DESCRIPTION DE LA ROUE A AUGETS ENTIÈREMENT EN FONTE ET EN FER,

REPRÉSENTÉE SUR LA PLANCHE 37,

Cette roue a été montée, en 1841, dans la belle filature de laine de M. Charles Bellot, à Angecourt, près de Sedan, en remplacement d'une ancienne roue en bois. Elle est établie sur une chute totale de 4m546 ; sa construction, qui est d'une solidité éprouvée, est d'autant plus digne de remarque qu'elle est entièrement due à cet honorable et modeste manufacturier, qui a voulu en suivre tous les détails en la faisant confectionner chez lui. Nous avons été assez heureux pour y coopérer par quelques avis, ce qui nous permet de faire connaître les résultats qu'elle a donnés dans les épreuves qu'on lui a fait subir, soit pour en déterminer l'effet utile, soit pour en vérifier la bonne et solide exécution.

Les tourteaux, l'arbre, les bras et les couronnes de cette roue sont en fonte, les tourillons sont en fer, ainsi que les tirants et les boulons d'écartement ; les augets et la fonçure sont en tôle. Son diamètre extérieur est de 4m10, sa largeur intérieure de 2m92 ; les augets sont au nombre de 40, leur profondeur ou plutôt la largeur des couronnes est de 0m23. La hauteur d'eau au-dessus du sommet de la roue est environ de 0m45 à 0m46 ; le niveau d'eau est toutefois susceptible de varier, en plus ou en moins de quelques centimètres.

De l'arbre, de ses tourillons et de leurs coussinets. — Les arbres de roues à augets peuvent être en bois, en fonte ou en fer forgé ; les arbres en bois sont encore le plus généralement employés en France, surtout pour les roues de grande largeur, ou qui sont susceptibles d'éprouver des secousses ou des vibrations ; ils peuvent durer fort longtemps

lorsqu'ils ne sont pas traversés par les bras, et que les assemblages des tourillons et des tourteaux sont bien faits, comme dans la roue de côté, décrite 1re livraison, tome 1er. Les arbres en fer forgé sont très-peu employés parce qu'ils coûtent fort cher et qu'ils sont trop susceptibles de fléchir par la charge ; cependant pour des roues étroites, ils peuvent être très-convenables. Dans un grand nombre de cas, on applique maintenant les arbres de fonte, pleins et à nervures ou creux et ronds. Dans la nouvelle roue de M. Bellot, l'arbre A destiné à la porter, est en fonte d'une pièce, et creux dans toute sa longueur. (Voyez la coupe longitudinale (fig. 1) faite par l'axe de cette roue, suivant la ligne 1-2, et la section verticale (fig. 2), faite perpendiculairement à son axe, suivant la ligne brisée 3-4-5.)

Sa forme est ronde comme une surface de révolution, engendrée par des points variables de distance à l'axe; il est renflé, vers ses extrémités, suivant des portées cylindriques, pour recevoir les tourteaux ou les disques de fonte C; augmentant sensiblement de diamètre jusque vers son milieu, il est renforcé, en cette partie, par un cordon en forme de moulure; ainsi il porte 0^{m}350 de diamètre aux deux portées cylindriques, 0^{m}265 au milieu, près du cordon, et 0^{m}235 seulement aux parties les plus faibles; le diamètre de tout le vide intérieur n'a pas moins de 0^{m}125, ce qui lui laisse encore 0^{m}055, pour la plus petite épaisseur. Sa longueur totale est de 3^{m}630. Cette forme d'arbre est évidemment la plus simple et la plus économique sous le rapport de la confection du modèle, mais aussi pour qu'il soit également sain partout, il est utile qu'il soit fondu debout, ou au moins dans une direction fortement inclinée, et qu'on ménage à la partie supérieure une forte et longue masselotte, afin que cette extrémité ne se trouve pas criblée de soufflures, ce qui retire de la solidité à l'arbre et peut occasionner des accidents graves, comme cela est arrivé dans quelques usines, lors même après que les roues avaient marché plusieurs années. Aujourd'hui ces inconvénients doivent se présenter bien plus rarement, parce que les fontes sont généralement meilleures et qu'on observe mieux les degrés de charge qu'il convient de donner dans les coulées. Mais il importe aussi que les épaisseurs de fonte soient bien également réparties sur toute la circonférence et sur toute la longueur de l'arbre, il faut que le noyau se trouve exactement bien placé dans l'axe, ce qui est une difficulté, surtout lorsque l'arbre est d'une grande longueur; il arrive encore quelquefois que l'on ne prend pas toutes les précautions nécessaires à cet égard.

Les deux tourillons *a* sont en fer forgé, ajustés de force aux deux extrémités de l'arbre, après avoir été tournés sur une longueur de 0^{m}30, et sont retenus à demeure par des clés en acier que l'on voit figurées sur le dessin fig. 1. On aurait pu faire cet ajustement comme dans plusieurs circonstances analogues, en tournant ces tourillons légèrement coniques, et en les traversant par une clé méplate et arrondie sur les angles, chassée de force à tra-

vers le corps de l'arbre, de manière qu'elle tende à tirer le tourillon du dehors au dedans. En faisant l'arbre plein à nervures les tourillons viennent à la fonte, ce qui simplifie la construction ; mais il faut, comme on le verra plus loin, leur donner plus de diamètre, ce qui augmente le frottement.

Les collets qui désaffleurent l'arbre, à chaque bout, sont aciérés et tournés à 0m10 de diamètre, sur une longueur de 0m160 ; ils sont reçus dans des coussinets en bronze *b*, à joues, qui ont été préalablement ajustés dans leurs paliers de fonte B. Les semelles de ces derniers sont incrustées de leur épaisseur dans les pierres de taille qui forment le couronnement des deux murs latéraux ou bajoyers, et les boulons *c* qui doivent les rendre solidaires, les traversent dans toute la hauteur indiquée sur la coupe fig. 1. Il est prudent de ménager sur les pierres de taille qui portent ces paliers du côté de la roue, un évidement qui permette d'y loger un *varin* pour passer sous l'arbre et soulever la roue, lorsqu'il est nécessaire.

Des tourteaux, des bras et des couronnes. — Malgré la largeur de trois mètres, donnée à la roue, elle ne porte que deux disques ou manchons de fonte C, plus communément appelés *tourteaux*, alésés exactement au diamètre des deux portées cylindriques et tournées de l'arbre ; ils sont solidement fixés chacun par une clé ou nervure à demeure, et par deux clavettes de serrage en acier. Ces disques ont près d'un mètre de diamètre extérieur et sont disposés pour recevoir, d'une part, huit bras ou croisillons en fonte D, situés dans leur plan, et dans la direction même des rayons, et de l'autre autant de boulons ou tirants inclinés en fer forgé G qui vont soutenir la roue au milieu de sa largeur.

Les bras D sont emboîtés dans chaque branche des plateaux, comme on peut aisément le comprendre par la section verticale faite par l'axe de l'un d'eux, et représentée sur la fig. 3 ; ils y sont de plus solidement retenus par trois boulons à écrous. Cette disposition est la plus généralement adoptée, non-seulement pour les roues à augets, mais encore pour les autres systèmes de roues hydrauliques ; elle est d'une grande solidité et ne fatigue pas les boulons, surtout si l'on a le soin de bien faire l'ajustement de manière à ne pas laisser de jeu ; il faut, de toute nécessité, que les bras portent bien vers les deux extrémités, contre le moyeu et vers la circonférence ; on peut, pour diminuer les frais d'ajustage, ménager des retraites vers le milieu : nous croyons aussi que deux boulons pour chaque bras, auraient pu aisément suffire. On n'en met généralement que deux, du reste, pour des roues de deux à quatre mètres.

L'épaisseur des bras est de 0m02, leur longueur de 1m860, et leur largeur moyenne de 0m140 ; ils sont renforcés de chaque côté par une nervure qui a aussi 0m02 d'épaisseur moyenne, et de plus sur les bords de la partie la plus apparente, à l'extérieur de la roue, par des moulures arrondies, comme l'indiquent une partie de la fig. 2 et la section fig. 8, faite suivant la ligne 10-11.

Prolongés jusque vers la circonférence extérieure de la roue, ces bras

supportent et relient entre elles, par des boulons à écrous, chacune des parties des deux couronnes formant les deux joues extrêmes de la roue. (Voyez la partie vue extérieurement, fig. 2, et les détails représentés en élévation et en section horizontale suivant la ligne 8-9, sur les fig. 6 et 7.) Des saillies, venues de fonte avec les joues, embrassent les bras de chaque côté, comme ils le sont par les tourteaux, de sorte qu'ils se trouvent encastrés de même, et leurs boulons d'assemblage fatiguent nécessairement très-peu ; on aurait pu aussi les réduire à deux de chaque côté, au lieu de trois.

Les deux couronnes E ont chacune 0m 23 de largeur, sur 0m 15 d'épaisseur; leurs bords extérieurs portent une petite moulure circulaire, et sur leur face intérieure est ménagé un rebord annulaire saillant de 0m 048, destiné à recevoir la fonçure, et de plus des nervures courbes à oreilles, suivant la direction des augets, pour y boulonner ceux-ci. Chaque couronne étant en huit parties, afin que le modèle de l'une pût servir pour les sept autres, il fallait évidemment que le nombre d'augets fût divisible par 8, ce qui n'est pas exigé, lorsque la couronne peut être fondue en une seule ou en deux pièces. Le même modèle de jante ne peut servir toutefois pour les deux couronnes, qu'autant qu'après avoir coulé les huit pièces qui composent l'une d'elles, on a fait à ce modèle les changements nécessaires, en reportant les nervures ou saillies sur la face opposée à celle où elles se trouvaient en premier lieu.

Lorsque les roues sont d'un diamètre au-dessous de 3 mètres, on peut fondre d'une seule pièce le moyeu, les bras et la couronne, comme on a pu le voir sur le dessin (pl. 33 du tom. Ier), qui représente une petite roue à augets de 2m 28 de diamètre extérieur, et construite par MM. Cartier et Armengaud, chez M. Convert, à Bourg en Bresse, pour faire marcher un moulin à l'anglaise de deux ou trois paires de meules. Il est évident que cette construction est la plus simple et la plus commode pour le montage; elle est très-solide, et elle présente de plus l'avantage de ne pas obliger à mettre un nombre d'augets proportionnel à celui des bras. Mais pour des roues de grande dimension il faut nécessairement abandonner cette disposition et fondre les pièces en plusieurs parties. Cependant, pour celles qui ont des diamètres qui ne dépassent pas 4m 50 à 5 mètres, on peut encore fondre le moyeu avec le bras, de manière à n'avoir à assembler que les couronnes; on peut aussi fondre une partie de jante avec un bras.

Toutefois, pour rendre la roue aussi légère que possible, on évite dans un grand nombre de cas les bras en fonte, on les remplace assez généralement par des bras en fer, que l'on compose de tiges méplates reliées entre elles par des boulons d'écartement, ou le plus souvent de tiges cylindriques, comme on le voit sur les fig. 9 et 10 (pl. 38). Cette disposition a été appliquée sur la belle et grande roue de Guebwiller, dans la manufacture de porcelaine de Sèvres et dans plusieurs autres établissements ; ces tiges n'ont ordinairement que 4 à 6 centimètres de diamètre, suivant la longueur ou le rayon du moteur.

Mais il faut évidemment alors, pour maintenir la rigidité de la roue, c'est-à-dire pour empêcher la flexion latérale qu'elle tend nécessairement à prendre dans son mouvement, surtout lorsqu'elle est chargée, disposer des tiges semblables dans des directions inclinées qui relient le milieu de la largeur de la roue aux deux tourteaux; ces tiges forment tirants. on peut les bander au degré convenable, au moyen d'écrous et de contre-écrous ou de clavettes. Ainsi dans la roue représentée suivant deux sections verticales, fig 9 et 10, pl. 38, et qui est semblable à celle construite par M. Hall à Sèvres les tirants inclinés G qui relient les tourteaux C aux couronnes en fonte E sont tenus à clavette dans les renflements ménagés à l'intérieur de ces dernières, et fortement serrés par les doubles écrous derrière les oreilles qui sont venues de fonte avec les disques C. De même les tiges droites D qui remplacent les bras, sont ajustées à T dans des entailles de même forme que l'on voit à l'intérieur des mêmes couronnes E, et bandées par le serrage des doubles écrous qui pressent contre les oreilles correspondantes des disques. Le constructeur a suivi une disposition tout à fait analogue pour la roue de côté qu'il a établie, il y a plusieurs années, sur une chute moyenne de 1m68, à la filature du Hom d'Heudreville (Eure). Cette roue porte 4m65 de large entre les deux couronnes et autant de diamètre extérieur; elle fait marcher d'un côté la filature par un engrenage intérieur et de l'autre deux batteries de foulons par un engrenage extérieur.

Ce mode de construction s'applique avantageusement sur des roues de 5 à 6 mètres de diamètre et au delà, toutes les fois que l'on veut les établir entièrement en fer et en fonte, sans y mettre de bois.

On a donné à ces sortes de roues, à cause de leurs faibles bras, le nom de *roues à suspension*, parce que les couronnes sont en effet comme suspendues autour de l'arbre. Elles peuvent, du reste, convenir parfaitement, toutes les fois que leur puissance doit être transmise par leur circonférence, parce que les bras ne fatiguent pas, n'ayant aucun effort de torsion à supporter, comme lorsqu'au contraire, la force se transmet par l'axe même.

Dans les roues métalliques, et de grande largeur, comme celle de M. Bellot, qui a près de 3 mètres, il faut de toute nécessité que la fonçure des augets, pour être bien soutenue au milieu, de manière à ne pas céder à la charge, soit assemblée sur une couronne de fonte F, dont la section présente une espèce de double équerre en forme de T (fig. 1); et afin de la relier avec le corps principal de la roue, on y ménage des oreilles *e* dans lesquelles s'ajuste le bout des tirants en fer G clavetés comme nous l'avons dit plus haut. Cette troisième jante ou couronne additionnelle est d'autant plus indispensable qu'elle sert en même temps à rassembler les deux feuilles de tôle qui doivent composer la largeur de la fonçure, parce qu'une seule feuille n'est pas suffisante dès que la largeur de la roue dépasse 1m80 à 2 mètres. Du reste pour l'alléger autant que

possible, on a eu soin de ménager dans la partie coudée qui forme nervure, un grand nombre de jours qui sont figurés sur la vue de face, fig. 2. Les boulons d'écartement H qui relient les deux bras des couronnes extrêmes traversent aussi la nervure de la jante du milieu et des écrous la pincent de chaque côté. De cette sorte on ne peut craindre, évidemment, aucune vibration, aucun mouvement latéral de tout le système moteur.

Des augets et de la fonçure. — Lorsque les roues sont très-petites de diamètre, et qu'elles ont peu de largeur, on peut arriver à fondre les pots ou les augets avec les couronnes, d'une seule pièce, comme on l'a fait pour quelques turbines, parce qu'on évite alors tout le travail de l'assemblage. Mais en général, il convient de rapporter les augets, soit en tôle, soit en bois, parce que, d'une part, ils sont moins lourds qu'en fonte, et que d'un autre côté on peut aisément les remplacer par parties, lorsqu'il est nécessaire. Les augets et la fonçure sont d'autant plus épais que les roues sont plus larges; lorsqu'ils sont en tôle, on leur donne 3 à 4 millimètres au plus d'épaisseur, et quelquefois 2 à 2 1/2 millimètres seulement; quand ils sont en bois, on leur donne 25 à 30 et 32 millimètres.

Dans la roue qui nous occupe (pl. 37), les augets I et la fonçure J sont en tôle de 2 1/2 à 3 millimètres d'épaisseur. Les feuilles de tôle qui composent la fonçure, sont placées dans le sens de leur longueur, et cintrées, suivant le cercle intérieur de la roue pour la fermer; elles sont boulonnées, d'une part sur les rebords fondus avec les deux couronnes parallèles E, et de l'autre sur la partie cylindrique de la troisième jante F. Des feuillures ont été préalablement ménagées dans la partie circulaire intérieure des couronnes, pour que la tôle vienne exactement à fleur, lorsqu'elle est en place. Les feuilles sont d'ailleurs assemblées entre elles, après être un peu amincies sur les bords qui doivent se superposer, par une suite de rivets de 10 à 12 millimètres de diamètre, et que l'on met aussi près que possible pour que la coïncidence soit parfaite et ne puisse occasionner aucune fuite.

Les augets ont été préalablement courbés à chaud entre deux mandrins en fonte, de la forme tracée, l'une convexe et l'autre concave; on les a chauffées successivement dans un four à réverbère, afin de les recuire et de faciliter le travail, en évitant les gerçures qui auraient pu se déclarer si on les avait courbés à froid; il est bon même, dans ces circonstances, de les frapper avec des marteaux en cuivre, plutôt qu'avec des marteaux en fer, pour ne pas fatiguer la tôle. Deux à trois chaudes suffisent en général pour effectuer cette opération. Dans quelques fabriques de chaudronnerie on commence à appliquer aussi des mandrins en fonte dont la surface est courbée comme doit l'être la tôle pour la confection des chaudières à vapeur. Ainsi, chez M. Lemaître, on s'en sert continuellement, et on évite par leur emploi, un grand nombre d'angles, et par suite, les équerres en fer; ce constructeur a fait établir exprès dans ses ateliers, un four à réver-

bère pour chauffer et recuire les tôles des chaudières des bateaux à vapeur ou autres.

La forme cintrée d'une manière continue donnée à chacun des augets est très-convenable, et fatigue beaucoup moins le métal que lorsqu'on leur donne une forme brisée suivant deux parties droites, comme dans les roues à augets en bois. Ils sont boulonnés aux deux bouts sur les nervures à oreilles venues de fonte avec les faces intérieures des couronnes; et comme la longueur de la feuille de tôle ne pouvait suffire pour leur largeur entière, on les a assemblés bout à bout vers le milieu de la roue et rivés sur des plates-bandes en fer méplat *f*, qui sont elles-mêmes boulonnées sur le fond et avec la jante intermédiaire.

Ces plates-bandes, qui n'ont du reste pas plus de 7 à 8 millimètres d'épaisseur sur 0m 13 de large, servent en même temps de renfort aux augets, et les empêchent de céder à la charge qu'ils sont susceptibles de supporter; on les a aussi courbées à chaud en les amincissant vers le bord extérieur. Le diamètre de la tige de tous les petits boulons employés pour ces divers assemblages est de 12 à 13 millimètres; leur tête est ronde et en goutte de suif, et leurs écrous sont carrés. Pour les empêcher de tourner en les serrant, on ménage sur leur tige, immédiatement au-dessous de la tête, un petit ergot qui se loge dans l'entaille correspondante pratiquée dans le métal. Pour plus d'économie dans la construction, il est bon de les faire faire par des fabricants spéciaux qui peuvent les céder à raison de 1 fr. 30 à 1 fr. 40 c. le kilog., en exigeant qu'ils aient un pas de vis bien prononcé, et que leurs écrous soient aussi bien taraudés.

Des engrenages de transmission de mouvement. — Le mouvement de rotation d'une roue hydraulique peut se transmettre de deux manières, soit par un engrenage droit ou conique monté sur l'arbre même que l'on prolonge alors à l'intérieur de l'usine, en traversant le mur de tampanne, soit par un engrenage directement adapté contre les bras ou contre la couronne même de la roue hydraulique, comme on l'a fait dans l'exemple qui nous occupe, et comme on doit le faire du reste le plus souvent, et surtout avec des roues à augets qui, en général, marchent à de petites vitesses, parce qu'on peut y appliquer un cercle denté d'un grand diamètre sans aucune embrassure, et augmenter ainsi sensiblement le rapport entre ce cercle et le pignon qu'il doit commander, ce que l'on ne pourrait faire, en appliquant un engrenage séparé, à moins de lui donner des dimensions exorbitantes qui en augmenteraient considérablement le poids et la difficulté d'exécution. On évite d'ailleurs, par ce moyen, d'exercer des efforts de torsion sur l'arbre de la roue à laquelle il ne sert plus que de support.

Sur l'une des deux couronnes extrêmes E, ont été ménagées de fortes appendices *h*, sur lesquelles on a boulonné la grande bague dentée L, qui a aussi été fondue en huit parties (fig. 2). On a dû prendre les plus grandes précautions pour que le modèle ne gauchisse pas, et que les segments fussent, après le retrait de la fonte, de la dimension convenable, de ma-

nière qu'en les rapprochant, et en ajustant leurs extrémités au burin ou à la lime, ils forment exactement un cercle du diamètre voulu, lequel est de 4^{m}133. Des ergots sont aussi venus de fonte avec l'intérieur des segments, afin de pouvoir les serrer, d'abord au moyen de clefs, de chaque côté des appendices, pour moins fatiguer les boulons et consolider tout l'assemblage. (Voyez le détail de face et en coupe faite suivant la ligne 6-7 sur les figures 4 et 6.) De cette sorte, l'engrenage est entièrement solidaire avec la couronne de la roue, et présente toute la solidité désirable. Sa denture est droite et venue brute de fonte, elle se trouve à l'extérieur pour la commodité de l'usine; mais nous croyons qu'il convient mieux, en général, de la disposer de manière qu'elle se trouve à l'intérieur, parce qu'on a l'avantage de faire engrener un plus grand nombre de dents à la fois. Du reste, en adaptant ainsi l'engrenage sur la couronne même de la roue, on a l'avantage de le rendre bien plus léger, en évitant les embrassures, et de ne pas produire de torsion sur l'arbre, comme s'il avait été fixé sur lui. On voit aujourd'hui un grand nombre d'engrenages appliqués sur des roues hydrauliques et formés de couronnes seulement dentées à l'intérieur. Telle est la roue représentée sur les figures 9 et 10, telle est aussi celle de la grande roue tracée fig. 12 et 13, pl. 38.

Le pignon M qui engrène avec cette couronne dentée est aussi droit, en fonte brute, de 0^{m}80 de diamètre primitif; il est monté sur un arbre de couche, en fonte, qui traverse le mur de tampanne, pour communiquer le mouvement à d'autres arbres et par suite aux diverses machines de l'usine; son rapport avec celui du cercle L est de 1 à 5,167, et il marche avec une vitesse de 40 révolutions par minute, lorsque celle de la roue est de 7,74. La denture de ces premiers engrenages a 0^{m}16 de largeur sur 0^{m}055 de pas; elle est suffisante pour transmettre l'effort de 18 à 20 chevaux correspondant à la puissance du moteur, avec une vitesse à la circonférence qui est environ de 1^{m}674.

Du vannage. — Il y a plusieurs moyens de disposer le vannage qui doit régler l'admission de l'eau sur le sommet d'une roue à augets. Le plus convenable est celui d'une vanne verticale placée à peu de distance, (à moins d'un mètre, s'il est possible), du sommet de la roue. Cette vanne est ajustée dans les coulisses pratiquées sur les deux côtés du coursier ou du chenal qui doit amener l'eau du réservoir, et on la meut au moyen de deux pignons qui engrènent avec des crémaillères appliquées contre elle et montés sur un axe commun que l'on tourne par une manivelle. Telle est la disposition présentée par la fig. 1 de la pl. 33, tom. Ier; telle est aussi celle adoptée par M. Hall dans la roue vue en coupe fig. 9, pl. 38, et dans un grand nombre d'autres.

A l'usine de M. Bellot, l'eau motrice est amenée sur le sommet de la roue hydraulique par un coursier en charpente, et se termine par une vanne en tôle K (fig. 2), d'une seule pièce, de 2^{m}62 de largeur, et qui est mue par un régulateur à air de M. Molinié, tel que celui décrit dans le

tome Ier. Ainsi, elle n'est aucunement à la disposition des ouvriers; elle se règle d'elle-même et règle par conséquent l'admission de l'eau sur la roue, suivant les résistances que celle-ci est obligée d'actionner. « C'est « une chose admirable, nous écrivait à ce sujet M. Bellot, en 1841, la vanne « du cabinet se lève le lundi à 5 heures du matin et elle se baisse le di- « manche suivant à 11 heures du matin sans s'en occuper en rien. »

Il est bon de faire en sorte, autant que possible, que la largeur de la vanne soit égale à celle du canal, afin d'éviter les contractions sur les deux côtés, et que le seuil ou l'arête inférieure de l'orifice se trouve dans le plan même du coursier, qui est horizontal ou légèrement incliné, en venant tangentiellement à la circonférence extérieure de la roue. Il faut aussi que la largeur intérieure de cette dernière soit sensiblement plus grande que celle de la vanne pour donner issue à l'air; et pour que l'admission se fasse bien, on lui donne ordinairement 5 à 6 centimètres de plus de chaque côté, et quelquefois 10 à 15 centimètres. Dans la roue représentée planche 37, la roue a 0m 30 de plus de largeur, ce qui fait 0m 15 de chaque côté. La hauteur ou distance verticale mesurée du centre de l'orifice (lorsque la vanne est ouverte) au niveau supérieur de l'eau, mesure la pression ou la hauteur génératrice de la vitesse à la sortie de cet orifice.

Dans de certaines circonstances, l'eau est admise sur la roue en déversoir, amenée par un chenal en bois ou en pierres, qui est quelquefois très-long, et ordinairement alimenté par une source. Telle est la grande roue représentée sur les figures 12 et 13 de la planche 38, et dont on va voir la description. Pour interrompre ou ralentir le mouvement, on a ajusté dans le fond du canal, un peu en avant de la roue, une bonde ou soupape qui donne issue à l'eau, en tout ou en partie. Cette disposition ne permet pas de régler avec exactitude la vitesse et l'admission de l'eau sur la roue.

Lorsque plusieurs roues sont placées sous la même huche et dans le prolongement l'une de l'autre, il faut de toute nécessité, pour que l'admission se fasse à la fois sur chacune d'elles, que le vannage soit horizontal. Dans le Haut-Rhin, à l'une des usines de MM. Japy, on en a fait une bonne application que nous croyons devoir citer, parce que nulle part, à notre connaissance, elle n'a été aussi bien exécutée. Cette disposition est représentée sur la fig. 19 de la pl. 38, en coupe verticale parallèle au plan de la roue. La vanne O est en fonte, dressée, et mobile entre deux coulisseaux qui ont été rabotés avec soin à l'intérieur, ainsi que le dessus de la plaque N avec laquelle ils sont fondus, et dont la surface forme le prolongement de la huche K. La coïncidence est ainsi parfaite, et lorsque cette vanne est entièrement fermée, elle ne laisse aucune fuite. Un bec incliné N′ dirige l'eau sur les augets de la roue, de manière qu'elle arrive sans chocs, et par conséquent sans produire de réaction. La saillie ou rebord élevé, qui forme la tête de la vanne, supprime en partie de ce côté l'effet de la contraction. On manœuvre la vanne au moyen d'une manivelle à main montée sur un premier axe qui porte un pignon engrenant avec la

roue droite Q, et l'axe de celle-ci transmet, par le court levier R, son mouvement à la bielle P qui, se reliant, par articulation, avec le dessus de la vanne, la fait marcher dans une direction rectiligne entre ces deux coulisseaux. Dans quelque cas, comme sur la roue du moulin de Senelles près Longwy, la vanne horizontale n'est autre qu'un clapet assemblé à charnière sur un côté de l'orifice, et que l'on ouvre au moyen d'une tige ou d'une tringle tirée du haut. Ce vannage est évidemment plus simple, mais aussi beaucoup moins parfait, et susceptible de faire des fuites. Nous ne croyons pas du reste qu'on doive l'appliquer ailleurs que dans des circonstances particulières, telles que celles que nous venons de citer, parce que la contraction a toujours lieu au moins sur deux côtés de l'orifice, tandis que quand la vanne est verticale, elle peut être réduite sur un seul côté, d'où il résulte que pour effectuer une même dépense d'eau, dans un temps donné, en une seconde, par exemple, il faudrait donner une plus grande dimension à l'orifice horizontal ou incliné qu'à l'orifice vertical, en admettant la même charge sur le centre de ces orifices.

ROUE HYDRAULIQUE A AUGETS EN FONTE ET EN BOIS,

REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 12 ET 13, PL. 38.

Cette roue a été montée à Fontaines, près Lyon, chez M. François Perrot, en 1839, par MM. Cartier et Armengaud, pour faire marcher un moulin à blé de 4 paires de meules. Elle est renfermée entre quatre murs élevés, dont l'un est le *tampanne* qui la sépare de l'intérieur de l'usine, et deux autres soutiennent les terres d'une partie de la montagne contre laquelle elle est adossée. Établie sur une chute disponible de 12m800, son diamètre extérieur est de 12m350, et sa largeur intérieure de 1 mètre; elle porte 120 augets en bois de chêne; elle est alimentée par des eaux de source qui sont amenées par un chenal construit, partie en bois et partie en pierres; et qui est interrompu, pour traverser une route, par un grand syphon ou tuyau coudé en fonte. Ses bras, les couronnes et la fonçure sont aussi en bois; mais les tourteaux sont en fonte, et l'arbre, primitivement en fonte, est maintenant en fer forgé.

DE L'ARBRE, DES TOURTEAUX ET DES BRAS. — L'arbre A qui est représenté sur le dessin est supposé en fonte, plein et à nervures, comme celui de la roue de Hall tracé sur la figure 9. Les tourillons *a* sont venus de fonte avec le corps; ils ont 0m150 de diamètre sur 0m20 de longueur; les tourteaux C sont alésés et ajustés sur les portées tournées cylindriques, puis fixés chacun par une nervure ou clé à demeure, et par deux clavettes de serrage en acier, qui n'ont pas moins chacune de 0m036 de largeur. Le premier arbre qui fut appliqué à cette roue était à section octogonale, tourné à 0m210 de diamètre dans les bouts pour recevoir les tourteaux, il était creux dans toute sa longueur, sur un diamètre de 0m06 à 0m07; les tourillons qui furent ajustés à ses extrémités

étaient en fer forgé, de 0^m135 de diamètre. Après les premiers jours de marche, la roue étant chargée, cet arbre se rompit à la jonction même de l'un des tourteaux, près du tourillon ; il était en fonte très-douce, présentant des soufflures. On dut le remplacer immédiatement par un autre arbre en fer corroyé, de même dimension, et qui n'a pas bougé depuis, sans cesser de fonctionner. Les arbres en fonte pleins et à nervures sont évidemment beaucoup plus économiques ; leurs modèles sont plus coûteux à la vérité, mais ils donnent moins de crainte de rupture que les arbres creux, à poids égal et sous la même charge, parce qu'ils ne sont pas aussi sujets que ces derniers aux défauts et aux soufflures.

Pour donner de l'assise à une telle roue sur son arbre on a dû disposer les bras D, qui doivent soutenir les couronnes, de manière à s'écarter, au lieu d'être parallèles : ainsi la distance des deux manchons ou tourteaux C est plus grande que celle des couronnes, de sorte que les bras sont inclinés au lieu d'être dans des plans verticaux perpendiculaires à l'axe. Ces bras sont au nombre de 12 de chaque côté ; ils sont en chêne, fixés à une extrémité par trois boulons sur les tourteaux, dans lesquels ils sont emboîtés sur trois faces ; à l'autre extrémité, ils sont assemblés avec les couronnes E et liés avec elles au moyen de deux boulons, comme l'indique le fragment de coupe verticale représentée à l'échelle de 1/20, sur la fig. 16. On aurait pu, au lieu de ce mode d'assemblage, appliquer celui qui est tracé sur la section horizontale fig. 22, et dans lequel on remarque que la couronne et le bras sont ajustés à tenon et mortaise, et traversés par un seul boulon qui est dirigé dans l'axe même du bras.

Comme la longueur de chaque bras est de près de 6 mètres, il est évident que, malgré la largeur moyenne de 0^m15 sur 0^m13 d'épaisseur qu'on leur a donnée, ils fléchiraient et ne pourraient supporter longtemps la charge, si on ne les avait consolidés convenablement. On a d'abord ménagé dans les tourteaux des espèces de boîtes en fonte *b*, dans lesquelles sont ajustées et viennent butter les croix de Saint-André G, qui s'assemblent vers leur milieu à moitié bois, et se relient par un boulon ; des traverses en chêne G′, que l'on serre fortement par des calles *d*, s'appuient contre le bout de ces croix, et tiennent ainsi les bras bandés et réunis. Ces derniers sont encore reliés plus haut par des entretoises H, assemblées à tenon et mortaise et chevillées ou callées.

Construction des couronnes en bois. — Les couronnes E de la roue se composent chacune de deux jantes en chêne, de 0^m04 d'épaisseur, rapportées l'une contre l'autre et fixées par des vis à bois ; ces jantes se prennent dans des planches, et sont débitées en segments de 0^m80 à 1 mètre de longueur, sur une largeur de 0^m29 qui est déterminée par la profondeur des augets ; les joints des segments sont évidemment croisés, et le tambour J qui doit former la fonçure, se compose de planches de chêne de 0^m03 d'épaisseur, qui viennent se clouer sur le bord intérieur de ces couronnes. Un cercle en fer méplat *e*, forme bride pour se serrer sur le bord exté-

rieur, et maintenir l'assemblage; on le fait nécessairement en plusieurs parties déterminées par des oreilles que des vis de rappel tendent à rapprocher. On peut encore disposer ce cercle en équerre, comme on le voit sur la fig. 22, mais cela suppose qu'il soit fixé sur le bord de la couronne par les boulons qui assemblent celle-ci avec les bras.

Ce mode de construction de couronnes en bois est très-solide et dure fort longtemps; elles ne sont pas susceptibles de se gauchir, comme si elles étaient faites d'une seule épaisseur, et pour maintenir leur écartement de manière à ce qu'elles restent toujours dans des plans verticaux et parallèles, il est utile de les relier encore par des boulons en fer *h*, à embase et à écrous.

Augets et fonçures en bois. — Les augets I de la roue de M. Perrot sont aussi tous en chêne comme les couronnes, et de 0m027 d'épaisseur; ils auraient pu être en orme, comme on les fait souvent; ils se composent chacun de deux parties, dont l'une, de 0m15 de large, est dirigée dans le sens des rayons de la roue, et l'autre, inclinée sur la première suivant un angle de 104 degrés, porte 1m 10 de largeur, et par conséquent formée de deux planches; le plan intérieur de celle-ci forme avec le rayon qui passe par son extrémité un angle de 68°; ainsi celui qu'elle forme avec la tangente à la circonférence extérieure est de 22 degrés. On aurait pu sans crainte les incliner de telle sorte à ne former qu'un angle de 15 degrés, comme on l'a indiqué sur le tracé fig. 14 *bis*, l'admission se serait faite également bien, le fond des pots eût été un peu plus grand, et ils auraient commencé à déverser plus bas.

L'assemblage de ces augets avec les couronnes est très-simple; il a suffi de pratiquer sur la face intérieure de ces dernières, des rainures peu profondes et ayant exactement la forme de l'auget, comme on le voit en *f* sur les détails au 1/20 dessinés fig. 14 et fig. 15. La première de ces figures montre en élévation l'intérieur d'un fragment de couronne, et la seconde en est une section horizontale faite suivant la ligne 16-17. Il est évident que lorsque les augets sont en place entre les deux couronnes, et que l'on resserre celles-ci, au moyen des boulons d'écartement *h*, ils ne peuvent se disjoindre, et se maintiennent ainsi fort longtemps; ils ne tombent que par l'usure ou la défectuosité.

On a proposé et mis à exécution, dans quelques roues, un autre mode d'assemblage qui évite les rainures, mais qui ne présente pas autant de solidité : il consiste à clouer ou à visser à l'intérieur des couronnes des espèces de tasseaux en bois *g* (fig. 14 et 15), laissant entre eux l'espace nécessaire pour loger l'épaisseur des augets. Ce procédé est d'abord plus coûteux, et comme des tasseaux peuvent, après un certain temps, se détacher, les planches des augets sont par cela même susceptibles de tomber.

Augets et fonçures en tôle avec couronnes en bois. — M. Carlier vient de faire à la roue de M. Hauducœur, à Bures, une modification qui pourra être appliquée avec avantage dans un grand nombre de cas. Cette roue, établie depuis sept à huit ans, par ce même constructeur, avait ses

augets et la fonçure en bois, comme les bras et les couronnes, l'arbre également en bois, mais les tourillons et les tourteaux en fonte; les planches des augets étant en grande partie détériorées, le propriétaire désira remettre la roue en bon état ou la renouveler entièrement, s'il était nécessaire. M. Cartier lui proposa alors de refaire les augets et la fonçure en tôle de 3 mill. d'épaisseur, assemblés avec les couronnes qui resteraient en bois. Il prit de la tôle assez large pour qu'étant recourbée, comme l'indique le tracé fig. 21, elle pût former à la fois le pot et une partie de la fonçure; la tôle d'un auget est ainsi boulonnée avec celle de son voisin; cette disposition fort simple a été très-économique et en même temps très-solide; des rainures furent d'ailleurs pratiquées dans les joues des nouvelles couronnes en chêne, composées, comme il a été dit plus haut (fig. 14 et 15); de sorte qu'en serrant les boulons d'écartement qui les relient, ils se trouvent très-bien maintenus, sans être plus lourds que les augets en chêne ou en orme, puisqu'ils ont huit à dix fois moins d'épaisseur; ils ont l'avantage d'une plus grande durée, d'occuper moins de place, et par conséquent d'avoir plus de capacité pour l'eau.

Cette roue est établie sur une chute de 3^m66; on lui a donné un diamètre extérieur de 3^m25, sur une largeur de 3^m30; elle fait marcher un moulin à l'anglaise de cinq paires de meules et leurs appareils accessoires, nettoyage et blutage, avec une dépense moyenne de 400 litres par seconde, et une vitesse de 6,5 tours par minute. Les augets sont au nombre de 36, séparés au milieu par une couronne intermédiaire en bois, de même construction que les deux extrêmes; il y a huit bras en chêne pour chaque couronne ou cordon : ces bras sont emboîtés et boulonnés sur trois tourteaux en fonte, solidement callés sur un arbre en bois, comme dans la roue de côté représentée dans la première livraison du tome 1er, et taillé suivant un octogone ayant 0^m55 de diamètre au cercle inscrit; ils s'assemblent à tenon et mortaise avec les couronnes, comme on le voit sur la section horizontale fig. 22, laquelle est supposée faite par l'axe de la roue et d'un bras, suivant la ligne 18-19, fig. 21. Un boulon à écrou traverse toute la largeur de la couronne pour la réunir avec le bras, en maintenant sur son bord extérieur le cercle à équerre en fer méplat *e*, qui consolide le tout.

Augets en tôle et en bois. — Dans la petite roue établie chez MM. Japy, et représentée fig. 19, la fonçure est en bois, et les fonds ou parties droites des augets qui concourent au centre; les parties antérieures I′, qui forment les aubes, sont en tôle mince vissée sur le bord des planches I, et encastrées à rainures comme celles-ci, entre les deux couronnes qui sont en chêne. Cette roue est établie sur une chute de 2^m49; son diamètre extérieur est de 2^m20; elle porte 28 augets semblables, qui admettent l'eau par l'orifice incliné N′, comme nous l'avons dit plus haut. La construction de cette roue est excellente, et la disposition de son vannage horizontal, qui est très-bien fait, est, comme nous l'avons dit, heu-

reusement appliquée dans la série de plusieurs roues semblables, de même largeur que la huche, et placées à la suite l'une de l'autre.

AUGETS A SORTIE D'AIR. — Dans une autre roue, appartenant aux mêmes manufacturiers, les bouts des augets, qui sont les parties qui s'usent le plus, sont en tôle; ils forment une espèce de couteau ou de coin, comme on le voit sur la fig. 20.

Les fonçures paraissent être doubles; la première J forme le fond des augets, comme dans les autres systèmes en bois; mais la seconde, qui laisse un espace libre entre elle et l'autre, est percée d'une ouverture dans toute la largeur, qui est destinée à donner issue à l'air d'une part, et à permettre de l'autre, à la roue, de marcher encore, lors même qu'elle serait noyée dans l'eau inférieure d'une quantité plus grande que la profondeur des augets. M. A. Japy, qui a bien voulu nous communiquer les tracés de cette roue et de la précédente, en est aussi très-satisfait. Son diamètre est de $4^{m}44$, et elle porte 40 augets qui ont $0^{m}215$ de profondeur. Elle a bien réussi dans la localité où elle a été montée, et où elle se trouve baignée notablement pendant les jours de *crues d'eau*.

La première fonçure peut avoir l'épaisseur ordinaire de $0^{m}027$ à $0^{m}030$, qu'on doit lui donner lorsqu'elle est en bois; mais la seconde est plus mince, elle peut être réduite à $0^{m}015$. On n'a pas à craindre, avec une telle disposition, de perdre de l'eau, comme lorsque les augets n'ont qu'un simple fond percé de distance en distance.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT. — Dans la grande roue de M. Perrot, on a dû adapter la couronne dentée L, qui représente l'engrenage moteur, sur les bras même de la roue. Il était d'autant moins praticable de l'appliquer sur la jante des augets, que le sommet de la roue s'élève jusqu'au troisième étage, et comprend par son diamètre la largeur du bâtiment, on aurait eu un engrenage beaucoup trop grand, fort embarrassant, très-difficile à exécuter, et qui aurait gêné pour placer le pignon qu'il devait commander.

Mais alors, pour rendre cet engrenage solide et non susceptible de se déranger, on a d'abord assemblé avec les bras de la roue une jante en bois F, de $4^{m}60$ de diamètre intérieur, et composée de douze segments dont une face est bien dressée et mise dans un plan parfaitement vertical, afin de recevoir les six segments qui composent la couronne dentée L, en les faisant porter sur toute la circonférence; réunis entre eux par des boulons qui traversent leurs oreilles (fig. 17), ils ont été préalablement ajustés à l'atelier, de manière à former un cercle aussi parfait que possible; ils sont ensuite boulonnés sur chacun des bras (fig. 13 et 18).

A la vitesse de régime, la roue hydraulique fait deux tours par minute seulement; le diamètre de la couronne dentée est de $4^{m}45$; le pignon droit M qu'elle commande doit faire dix révolutions dans le même temps; ces deux engrenages sont donc dans le rapport de 1 à 4, 5. Sur l'arbre de couche de ce pignon, prolongé dans l'intérieur de l'usine, est une roue d'angle de $2^{m}20$ qui commande un pignon conique trois fois plus petit, et

qui, par conséquent, fait 30 tours par 1′; l'axe vertical de ce dernier porte une roue horizontale à fine denture, commandant quatre pignons de meules, auxquels elle transmet une vitesse de 120 révolutions par 1′.

Dans la roue représentée fig. 9 et 10, dont le diamètre extérieur est de 6m56, l'engrenage moteur est rapporté sur la couronne même et assujéti par des boulons qui traversent des oreilles de distance en distance.

Observations sur le graissage des tourillons. — Il est des roues hydrauliques qui, soit par leur construction propre, soit par leurs grandes dimensions, sont d'un poids considérable que leurs deux tourillons sont obligés de supporter en tournant dans leurs coussinets. Il importe, pour qu'ils ne tendent pas à s'échauffer, d'avoir le soin qu'ils soient constamment bien graissés, sans quoi il peut en résulter des inconvénients graves, surtout lorsque les tourillons sont ajustés sur des arbres en bois. Malheureusement cette opération du graissage n'est pas toujours facile à faire, parce que les tourillons sont quelquefois placés peu à la portée de l'homme chargé de ce soin; de là résulte qu'elle est souvent négligée. Dans plusieurs usines, on a le soin de faire usage de petites boites à mèche, fermées et remplies d'huile, que l'on place sur le chapeau des coussinets, et dont la mèche traverse l'épaisseur pour conduire constamment un filet d'huile sur la surface des tourillons.

MM. Benoît frères, ingénieurs-mécaniciens de Montpellier, et dont nous aurons occasion de parler au sujet de leurs machines à fouler les draps que nous décrirons dans le IIIe volume de ce Recueil, ont appliqué une disposition fort simple pour un graissage continuel des tourillons de roues, que l'on devrait, ce nous semble, appliquer partout. Cette disposition consiste à placer sur chaque tourillon, à la place du chapeau et du coussinet supérieur qui, comme on le sait, ne servent le plus souvent qu'à le couvrir, une boite en bois qui l'enveloppe complétement et que l'on remplit de graisse brute mais propre; on la ferme par un couvercle qui peut y entrer librement, et on charge celui-ci d'un poids qui force la graisse à frotter sur le tourillon, au fur et à mesure qu'il tourne. De cette sorte on n'a besoin de s'occuper du graissage de ces tourillons que tous les mois environ, ou même souvent tous les deux mois. Ces constructeurs ont appliqué ce procédé dans plusieurs circonstances, entre autres sur une roue dont le poids peut s'élever à 20,000 kil., et ils s'en sont toujours très-bien trouvés.

CALCULS ET DONNÉES PRATIQUES

SUR LES ROUES HYDRAULIQUES A AUGETS, RECEVANT L'EAU A LEUR SOMMET.

Cas ou ces roues peuvent être appliquées. — Comme nous l'avons dit, les roues à augets bien construites sont les moteurs hydrauliques qui donnent le plus grand effet utile. Malheureusement elles ne peuvent pas s'appliquer sur tous les cours d'eau. Ainsi, sur des chutes au-dessous de

2 mètres, et même sur des chutes plus considérables de 2 à 3 mètres, lorsque les volumes d'eau à dépenser dépassent sensiblement un demi-mètre cube par seconde, on ne peut les employer avec avantage. Elles sont surtout inapplicables dans le cas des chutes dont les niveaux sont très-variables, quand la plus grande hauteur de ces chutes n'est pas au-dessus de 3 mètres, à moins d'adopter une disposition de vannage particulière, comme dans la grande roue de Guebwiller, qui n'admet pas alors l'eau par le sommet, mais bien plus bas.

Mais elles conviennent, en général, très-bien sur des chutes élevées; et dans le cas de faible dépense d'eau, elles peuvent donner jusqu'à 78 p. 100 en travail utile. Il faut toutefois distinguer dans ces roues celles qui marchent à de faibles vitesses, de 1 à 2 mètres au plus par seconde, et celles qui marchent avec des vitesses beaucoup plus grandes, de 2m 50 à 3m 50 par seconde; ces dernières ne sont guère employées que dans des circonstances particulières, comme, par exemple, pour faire marcher des martinets ou d'autres appareils analogues, fonctionnant par percussion ou par chocs; elles ne produisent jamais autant d'effet utile que les premières, qui doivent toujours être préférées.

Diamètre extérieur de ces roues. — Pour l'établissement d'une roue à augets, on détermine par avance la plus grande et la plus petite hauteur existant entre le niveau supérieur et le niveau inférieur, à diverses époques de l'année, afin de baser la construction sur une hauteur moyenne que l'on prend pour la chute totale disponible. On dispose le vannage verticalement et le plus près possible du sommet de la roue, a 0m50 ou à 1 mètre au plus. On règle ensuite la hauteur d'eau dans la huche au-dessus du seuil de l'orifice, pour le niveau moyen, et en le supposant à peu près constant ou variant de 0m20 à 0m30 au plus. On établit un coursier très-peu incliné (de 1/12 au plus), à partir du seuil de l'orifice jusqu'au sommet de la roue; puis entre ce coursier et celle-ci on laisse seulement un jeu de 0m01.

Alors on a le diamètre extérieur de la roue, en retranchant de la chute disponible la hauteur de la charge d'eau sur le seuil, celle de la pente totale du coursier, plus le jeu de 0m01; ainsi le niveau inférieur de l'eau, dans le canal de fuite, est supposé toujours à la circonférence extérieure de la roue.

La charge ou la hauteur de pression au-dessus du seuil de la vanne dépend nécessairement de la vitesse avec laquelle l'eau doit sortir de l'orifice, et par suite de celle que la roue elle-même doit avoir. En général, pour de faibles dépenses d'eau, et lorsque la roue ne doit marcher qu'avec une vitesse de 1 mètre à 1m20 par seconde, la vitesse de sortie de l'eau doit être de 2 mètres à 2m40, et par conséquent la hauteur génératrice de la pression sur le centre de l'orifice doit être de 0m20 à 0m22 (voy. 1re table de la 1re livraison du 1er vol.). Toutes les fois qu'il sera possible d'adopter ces données, il conviendra de le faire, parce qu'on pourra atteindre le plus

grand effet possible que la source peut produire. Cependant lorsque le niveau supérieur est susceptible de varier sensiblement, ou lorsque les volumes d'eau à dépenser sont considérables, ou bien encore lorsqu'on a besoin de faire marcher la roue à des vitesses plus grandes que celles dont on vient de parler (de 1m40 à 2 mètres, par exemple), il est de toute nécessité d'augmenter la charge ou la hauteur de pression devant l'orifice. Cette hauteur ne doit, toutefois, jamais dépasser 0m50 pour des petites chutes de 2m60 à 3 mètres, et 0m80 pour les plus grandes, à moins que les roues ne doivent tourner avec des vitesses de plus de 2m50 à 3 mètres par seconde.

Vitesse des roues a augets. — Les roues que nous venons de décrire marchent toutes lentement; car la vitesse de régime de plusieurs d'entre elles est de 1m20 à 1m30 par seconde à leur circonférence extérieure, et celle qui est la plus grande ne s'élève pas à 1m52.

On peut dire, en général, que l'effet utile d'une chute d'eau sur laquelle on doit établir une roue à augets, est d'autant mieux obtenu que leur vitesse est plus faible. Cependant il y a nécessairement une limite qu'il convient d'admettre en pratique, pour ne pas tomber dans des dimensions exagérées, d'une part, et dans une exécution difficile de l'autre. Ainsi, on n'établit pas de roues à augets marchant au-dessous de 0m90 par seconde, parce que, dans la plupart des cas, il faudrait leur donner trop de largeur, et le frottement résultant du surplus de la charge sur leurs tourillons ne récupérerait pas souvent le petit accroissement de force obtenue. Lorsque les dépenses d'eau sont faibles, lorsqu'elles ne sont, par exemple, que de 100 à 300 litres par 1″, il convient de faire fonctionner les roues à une vitesse de régime de 1 mètre à 1m20 par seconde à la circonférence; mais pour ne pas avoir de trop grandes largeurs ou de trop grandes profondeurs d'augets, lorsque les dépenses sont plus considérables, on est forcé d'augmenter la vitesse en augmentant alors aussi la pression.

La théorie indique que le rapport entre la vitesse à la circonférence d'une roue à augets, et celle de l'eau qui arrive sur elle doit être :: 50 : 100. Cependant les expériences ont démontré que l'on pouvait varier ce rapport entre de certaines limites sans s'écarter sensiblement du maximum d'effet utile. Ainsi, M. Morin indique que pour les roues de grands diamètres, on peut s'étendre entre les rapports de 0,30 et 0,80, et pour les plus petites entre 0,40 et 0,60. Pour les plus faibles dépenses on peut donner aux roues une vitesse égale aux 0,30 ou 0,40 de celle de l'eau; et au contraire, pour les grandes dépenses, leur donner 0,60 à 0,80.

Disposition du vannage. — Pour que l'admission de l'eau dans les augets se fasse bien régulièrement et sans perte, il faut que l'ouverture de la vanne ou l'épaisseur de la lame d'eau soit peu considérable. Lorsque le vannage est vertical, disposition qui est, comme nous l'avons dit, la plus convenable, on peut régler la hauteur de l'orifice entre 4 et 7 centimètres. Cependant, lorsque les volumes d'eau à dépenser sont très-grands, il con-

vient de donner plus d'ouverture, comme on donne plus de capacité aux augets, pour ne pas avoir de trop fortes largeurs. Il est bien rare, toutefois, que la hauteur s'élève au-dessus de 10 à 11 centimètres, il y aurait nécessairement perte notable. Pour de très-faibles sources, on peut la réduire à 3 centimètres.

On doit, autant que possible, s'arranger pour que la largeur du canal qui amène l'eau sur la roue, soit la même que celle de la vanne, et que le seuil se trouve sur le prolongement du fond de ce canal, afin d'éviter les effets de la contraction, et les réduire de telle sorte qu'elle n'ait lieu que sur un seul côté, à l'arête supérieure de l'orifice. Dans ce cas on peut compter moyennement sur 0,70 pour le coefficient de contraction.

Dépenses d'eau. — On sait que la formule pratique employée pour calculer le volume d'eau écoulée par un orifice vertical à mince paroi, avec charge ou pression sur le centre, est celle-ci :

$$D = l \times h \times \sqrt{2g\,H} \times m \times 1000$$

dans laquelle on se rappelle que :

D représente le volume d'eau dépensée en litres par 1″;
l la largeur de l'orifice ouvert, en mètres;
h la hauteur verticale de cet orifice;
H la charge sur le centre, ou la hauteur verticale du niveau supérieur au milieu de l'orifice;
$\sqrt{2g\,H} = V$, vitesse correspondant à cette hauteur H;
m coefficient variable qui, dans le cas de la contraction sur un seul côté, est de 0,70.

On a vu que par les tables que nous avons données dans la 1re livraison du tome 1er, le calcul est notablement simplifié, car il se réduit à cette simple règle :

Chercher dans la table le nombre correspondant à la hauteur de l'orifice et à celle de la pression sur son centre, et multiplier ce nombre par la largeur de cet orifice. Il faudrait de plus *multiplier ce résultat* par 1m 125, parce que la table a été calculée en admettant une contraction complète.

Largeur de la vanne et de la roue. — Pour trouver la largeur à donner à la vanne, lorsqu'on connaît la dépense, il faut transformer la formule précédente en celle-ci :

$$l = \frac{D}{h \times \sqrt{2g\,H} \times m \times 1000}$$

en se donnant la hauteur de pression et celle de l'orifice; on peut également voir combien cette seconde formule est simplifiée en se servant de la table que nous avons établie, car elle se réduit à la règle suivante :

Diviser la dépense d'eau, exprimée en litres, par le nombre de la table

correspondant à la hauteur de l'orifice h et à celle de la pression **H**, *et diviser de plus le résultat*, dans ce cas-ci, par $1^m 125$, parce que la contraction n'a lieu que sur un côté.

Cette largeur étant déterminée, on donne 10 ou 12 centimètres de plus à celle intérieure de la roue, afin que toute l'eau puisse s'introduire dans ses augets, malgré l'épanouissement de la veine fluide à la sortie de l'orifice, et en même temps pour donner issue à l'air qui, sans cette disposition, se trouverait comprimé, et tendrait à faire rejaillir l'eau au dehors.

Cas où la vanne est horizontale. — Nous avons vu qu'il arrive des cas où le vannage est horizontal : le coefficient de contraction pour la dépense d'eau est alors sensiblement moindre, il peut être regardé comme réduit à 0,59 ou 0,60 au lieu de 0,70. On pourrait se servir de la règle précédente, pour déterminer la largeur de la vanne, d'une manière suffisamment exacte pour la pratique, sans diviser ce résultat par $1^m 125$, en ayant le soin de prendre pour hauteur de l'orifice ouvert, la longueur de la plus courte perpendiculaire à la direction du coursier incliné.

Ainsi, dans l'exemple (fig. 19), la hauteur de l'orifice est mesurée par la perpendiculaire a' b', abaissée du sommet de l'angle de la vanne sur le fond N′ du coursier.

Capacité des augets. — On a pu voir sur les tracés des différentes roues représentées planches 37 et 38, qu'il existe toujours, entre deux augets consécutifs, une espace libre qui ne peut jamais contenir d'eau ; telle est, par exemple, sur la fig. 14, la partie e' i' g' qui termine l'auget. Cet espace peut quelquefois prendre le 1/5 et même le 1/4 de la capacité annulaire comprise entre les couronnes et la fonçure.

Une des conditions essentielles de ces roues et qu'il importe d'observer, c'est de donner à leurs augets une capacité telle qu'elle soit au moins double du volume d'eau à dépenser, afin qu'ils ne soient jamais remplis au delà de la moitié, pour que l'eau s'y conserve le plus longtemps possible, et pour que cette eau ne se trouve pas projetée au-dehors par l'action de la force centrifuge.

On peut donc déterminer la capacité qu'il conviendrait de donner aux augets, pour remplir cette condition, de la manière suivante :

D étant le volume d'eau effectif à dépenser, en mètres cubes;
l la largeur intérieure de la roue, en mètres;
v sa vitesse par 1″ à la circonférence, également en mètres;
p la profondeur des augets, mesurée dans le sens du rayon :

on a évidemment :

$$l \times v \times p$$

pour la capacité de la couronne qui se présente à l'eau pendant une seconde. Si l'on admet que l'espace perdu e' i' g' (fig. 14), plus l'épais-

seur de l'auget, soit égale à 1/4 de la capacité de celui-ci, ce qui peut bien arriver, surtout lorsque celui-ci est en bois, on aurait :

$$3/4\, l \times v \times p$$

pour le volume maximum qui peut réellement contenir de l'eau; par conséquent, pour que les augets ne soient qu'à moitié pleins, il faudrait que l'on eût :

$$D = 1/2 \times 3/4\, l \times v \times p$$

$$\text{ou } D = 3/8\, l \times v \times p,$$

$$\text{d'où } p = \frac{8\,D}{3 \times l \times v}$$

Pour des volumes d'eau très-faibles de 100 à 150 litres, par exemple, la profondeur des augets, ou la largeur des couronnes, peut être réduite à 0ᵐ18 ou 0ᵐ 20 ; pour des dépenses plus fortes de 200 à 500 litres, la profondeur peut être de 0ᵐ 24 à 0ᵐ 30 ; et lorsque les cours d'eau sont très-puissants elle peut atteindre 0ᵐ 40. Toutefois elle ne doit jamais excéder cette dernière dimension; et si, d'après la formule précédente, on trouvait une valeur plus grande, il serait préférable d'augmenter la largeur de la vanne, et par conséquent celle de la roue, ou la vitesse de celle-ci, et par suite celle de l'arrivée de l'eau.

Écartement et nombre d'augets. — L'écartement des augets, mesuré à la circonférence intérieure, est un peu plus grand que la profondeur; lorsqu'ils sont en bois, il est bon de l'augmenter; on peut, en général, compter sur 1/4 ou 1/5 en plus. En tout cas, il convient qu'ils soient en nombre pair, pour la facilité de la division. Dans certaines constructions, il est utile même que ce nombre soit divisible par celui des bras, qui est toujours pair. Ainsi, dans l'exemple donné (fig. 1 et 2, pl. 37) on devait naturellement, pour simplifier les modèles, placer sur les couronnes un nombre d'augets divisible par huit. Mais dans la roue représentée fig. 1, pl. 33, tome I), où la couronne est fondue d'une seule pièce avec les bras, il n'était pas nécessaire que le nombre d'augets fût divisible par six. On donne généralement six bras aux roues de 2 à 3 mètres de diamètre, huit à celles de 3ᵐ 50 à 5 mètres, dix à celles de 5ᵐ 50 à 8 mètres, douze à celles de 9ᵐ à 12 ou 13 mètres, etc.

On pourra régler l'écartement définitif des augets, après en avoir fixé le nombre par la division de la circonférence intérieure, restant d'ailleurs dans des limites qui se rapprochent de la profondeur et ne l'excèdent pas notablement; cependant il est bon de remarquer que lorsque les épaisseurs de lames d'eau admises sur la roue sont considérables (qu'elles surpassent 8 à 9 centimètres, par exemple), il convient souvent d'augmenter l'écartement, pour ne pas étrangler la section, et que l'admission soit, au

contraire, plus grande que l'épaisseur de la lame ou de la veine fluide. Il est convenable enfin, que, dans tous les cas, la plus petite distance c' i' (fig. 14), qui existe d'un auget à l'autre, soit plus grande que l'épaisseur de la veine de 0^m 01 au moins, sans compter l'épaisseur du bois ou du métal. Mais cette distance dépend beaucoup aussi de la direction ou de la forme que l'on donne aux augets.

De la forme et du tracé des augets. — La règle générale établie par M. Morin pour tracer les augets, consiste à partager la largeur des couronnes, ou la profondeur trouvée, en deux parties égales, d'y faire passer une circonférence que l'on divise en autant de parties égales que l'on doit avoir d'augets, de tracer par ces points de division autant de rayons qui concourent au centre de la roue, pour former le fond de l'auget, et de tirer, des mêmes points, des lignes qui passent à l'extrémité des rayons prolongés jusqu'à la circonférence extérieure, pour déterminer sa face antérieure. Lorsque les augets sont en tôle, il convient d'arrondir l'angle du fond et de la face.

Cette règle doit subir toutefois des modifications qu'il importe d'examiner. Il est évident que pour arriver à utiliser le mieux possible l'action de l'eau sur une roue à augets, il faut que celle-ci, admettant l'eau par son sommet, la déverse le plus bas possible. Or, on peut aisément voir que, pour cela, il faut s'arranger pour que l'angle de la face antérieure i' g' de l'auget (fig. 14) avec le rayon g' g^2, qui passe par son extrémité, soit le plus grand possible, et que, par conséquent, l'angle de cette face avec la tangente au cercle extérieur, soit le plus petit possible ; et cependant il ne faut pas, comme nous venons de le dire plus haut, que l'espace c' i' soit trop étroit, pour que l'admission et la sortie se fassent bien.

Dans le cas des faibles épaisseurs de lames d'eau admises sur la roue, on peut réduire l'angle c' g' i' à 15 ou 16 degrés (fig. 14 *bis*), et, par conséquent, celui i' g' g^2 peut s'élever à 74 ou 75° ; telle est la valeur des angles des augets dans la roue de M. Hall (fig. 11) ; telle est aussi celle des augets de la roue de M. Bellot (fig. 2) ; telle est environ celle des augets de la roue de M. Hauducœur (fig. 21, pl. 38). Dans chacune de ces roues, l'épaisseur de la veine fluide, à la sortie de l'orifice, varie de 5 à 8 centimètres au plus ; la partie du rayon qui représente le fond de l'auget est alors nécessairement un peu plus grande que la moitié de la largeur des couronnes. Et en supposant que les augets soient à moitié remplis, ils ne commencent à déverser que lorsqu'ils arrivent vers un angle de 30 à 33°, formé par le rayon passant à leur extrémité, et par la verticale abaissée du centre de la roue.

Dans la roue représentée fig. 13 et 14, qui admet l'eau en déversoir, l'angle c' g' i' est de 22°, et celui i' g' g^2 est par suite de 68° ; la partie du rayon ou du fond des augets est bien égale à la moitié de la largeur des couronnes ; mais la face antérieure s'avance au delà du rayon suivant ; l'angle i' g' g^2 eût été évidemment encore plus petit si cette face avait été tracée du milieu de la couronne, à l'extrémité du rayon suivant, et par

conséquent l'eau aurait commencé à déverser plus tôt. Il en est de même des roues plus petites représentées fig. 19 et 20.

Ainsi, dans un grand nombre de cas, on peut s'arranger pour que l'angle de la face antérieure de l'auget, avec la tangente à la circonférence, passant à son extrémité, ne s'élève qu'à 15 ou 16 degrés, et que dans les circonstances les moins favorables, il n'excède jamais d'ailleurs 25 à 26°.

APPLICATIONS.

Nous allons essayer, pour donner quelque éclaircissement sur les règles précédentes, de faire quelques applications qui mettront les contre-maitres et ouvriers intelligents à même de les comprendre plus facilement.

Première question. Soit proposé d'établir une roue hydraulique à augets, recevant l'eau à son sommet, dans les circonstances suivantes :

1° La chute totale disponible, ou la hauteur verticale existant entre le niveau inférieur et le niveau supérieur, est de $4^m 56$, sans variation sensible ;

2° Le volume d'eau à dépenser par 1″ est supposé à très-peu près constant, et mesuré par une vanne verticale avec pression sur l'orifice, et contraction complète. La largeur de cette vanne est de $0^m 50$, la hauteur de l'ouverture est de $0^m 14$, et la charge ou la hauteur existante du niveau supérieur au centre de l'orifice est de $0^m 55$.

Première solution. En cherchant dans la première table des dépenses d'eau (tome 1er); on trouve 280 litres pour le volume d'eau qui s'écoule par l'orifice de $0^m 14$ de hauteur sur 1 mètre de large, avec une pression sur le centre de $0^m 55$, par conséquent on a :

$$280 \times 0{,}50 = 140 \text{ litres.}$$

pour le volume d'eau écoulée par 1″, dans l'exemple ci-dessus.

En se servant de la formule déjà posée

$$D = l \times h \times \sqrt{2gh} \times m$$

Dans laquelle $m = 0{,}61$

on trouverait de même

$$D = 0{,}50 \times 0{,}14 \times \sqrt{19{,}62 \times 0{,}55} \times 0{,}61$$

ou en effectuant $D = 0^{m.c.} 140{,}27$

ou $D = 140^{lit.}{,}27$

Cette dépense étant connue, si on n'est pas limité pour la largeur à donner à la roue, on pourra l'établir pour qu'elle donne, à très-peu près,

le maximum d'effet utile qu'on doit en attendre. Pour cela on devra régler sa vitesse v à 1 mètre par seconde à la circonférence, parce que, comme il a été dit plus haut, on n'aurait pas d'avantage à employer une vitesse moindre, à cause du plus grand poids résultant d'une augmentation de largeur de la roue.

En adoptant cette vitesse de 1 mètre, celle V de l'eau sortant de l'orifice pour arriver sur les augets devra être de 2 mètres; or, on a vu que cette vitesse correspondait à une hauteur de pression H de 0m205 sur le centre de l'orifice (Voyez 1re et 2e tables du tome 1er). On peut, d'ailleurs, la déterminer directement par la formule,

$$V = \sqrt{2\,g\,H}$$

de laquelle on tire

$$H = \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{d'où } H = \frac{2 \times 2}{19,62} = 0^m205$$

Cette hauteur est déjà à déduire de la chute totale.

Nous avons dit qu'il convenait pour de petites dépenses d'eau, de donner peu de hauteur à l'orifice de la vanne, afin que l'épaisseur de la lame soit faible et que l'admission de l'eau dans les augets se fasse mieux; on peut la régler sur 0m06.

$$\text{ainsi } h = 0^m06.$$

On doit ajouter la moitié de cette hauteur ou 0,03 à la première 0,205, pour la hauteur entière de l'eau dans la huche devant la vanne, depuis le niveau supérieur jusqu'au fond. Prenant aussi 0m01 pour hauteur de la légère pente du petit coursier qui existe depuis la vanne jusqu'au sommet de la roue, et 0m01 pour le jeu que l'on peut supposer entre celle-ci et ce coursier, on aura, en déduisant ces quantités de la chute entière 4m56,

$$4^m56 - (0^m205 + 0^m03 + 0^m01 + 0^m01) = 4^m305$$

pour le *diamètre extérieur d* de la roue.

Comme on doit, autant qu'il est possible, disposer le canal d'arrivée de l'eau et la largeur de la vanne, de manière qu'il n'y ait pas de contraction sur les côtés latéraux et sur le fond de l'orifice, nous admettons que cette disposition ait lieu ici, et, par conséquent, le coefficient de contraction $m = 0,70$.

On calculera donc la largeur l de la vanne, par la règle précédente, ou en remplaçant dans la formule

$$l = \frac{D}{h \times \sqrt{2\,g\,H} \times m}$$

chacune des quantités connues par leur valeur numérique, ce qui donne

$$l = \frac{0^{m.c.}140}{0^m06 \times 2^m \times 0,70}$$

et on trouvera :

$$l = 1^m66.$$

On aurait eu le même résultat par la 1re table (tome Ier) en divisant la dépense $140^{lit.}$ par le nombre 75, correspondant à la hauteur 0^m06 et à la charge 0^m20, et par le coefficient 1^m125, car

$$\frac{140}{75} : 1,125 = 1,66.$$

Ainsi la *largeur de la roue*, en ajoutant 0,10 à ce résultat, serait de 1^m76, ou on pourrait la laisser de 1^m66, en rétrécissant alors celle de la vanne ; la hauteur de l'orifice serait un peu augmentée, il est vrai, mais l'épaisseur de la lame arrivant sur les augets, ne serait toujours que de 0^m06.

La *profondeur* des augets, déterminée comme il a été dit précédemment, sera

$$p = \frac{8 \times 0^m140}{3 \times 1^m76 \times 1^m} = 0^m214$$

Par conséquent, le diamètre intérieur d' de la roue devient

$$d' = 4^m505 - 0,214 \times 2 = 3^m877.$$

En augmentant de 1/5 environ cette profondeur, ce qui ferait 0^m257, on aurait l'écartement à donner aux augets.

Ainsi, comme la circonférence intérieure est égale à

$$3,14 \times 3^m877 = 12^m174$$

en la divisant par 0^m257 il vient

$$\frac{12,174}{0,257} = 47,3 ; \text{ soit } 47 \text{ augets.}$$

Mais pour une roue de 4^m305 de diamètre extérieur, il faut compter sur 8 bras ; si on veut faire les couronnes en fonte et par segments, il est utile que le nombre d'augets soit divisible par 8 ; il conviendra donc d'en mettre 48 au lieu de 47, et alors leur écartement à la circonférence intérieure deviendra

$$12,171 : 48 = 0^m254.$$

Maintenant il ne restera plus qu'à tracer la roue ; pour cela, on décrira

avec les rayons des cercles intérieur et extérieur, deux circonférences concentriques, on divisera la première en 48 parties égales, et par chaque point de division on fera passer des rayons; on portera sur chacun d'eux, à partir de la circonférence intérieure, une distance un peu plus grande que la moitié de la profondeur, soit $0^m 12$, pour marquer les fonds des augets, c'est-à-dire la partie droite $i'h'$ (fig. 14); alors de chacun des points tels que i', comme centres, on décrit des arcs de cercles $i'c'$, avec un rayon égal à l'épaisseur de la lame d'eau qui arrive sur les augets, cette épaisseur étant augmentée d'un centimètre seulement environ, si les augets doivent être en tôle, et de 3 centimètres, au moins, s'ils doivent être en bois, par conséquent avec le rayon $0^m 07$, dans le premier cas, et avec celui de $0^m 09$ dans le second. On mène alors des mêmes points i' des lignes tangentes à ces arcs de cercle, et on a la direction des faces antérieures $i'g'$ de chacun des augets. On peut encore, si on le préfère, déterminer la direction de ces faces, en les traçant de manière qu'elles forment avec les rayons passant à leur extrémité des angles de 74 à 75°.

La roue établie de cette manière peut recevoir 82 à 84 p. 0/0 de la force brute de l'eau. Or, cette force, exprimée en chevaux, est égale à

$$\frac{140 \times 4^m 56}{75} = 851 \text{ chevaux vapeur.}$$

En déduisant 6 à 8 p. 0/0 au plus, pour les frottements des tourillons de la roue dans leurs coussinets, on peut encore compter sans crainte que la force utilisée et transmise par cette roue, pourra être de 75 p. 0/0,

$$\text{ou } 8{,}51 \times 0{,}75 = 6{,}38 \text{ chevaux.}$$

Le nombre des révolutions que cette roue doit faire par minute est de

$$60 \div 4{,}305 \times 3{,}14 = 4{,}44,$$

puisque sa vitesse v est de 1 mètre par 1″, ou 60 mètres par 1′.

Deuxième solution. — En suivant la solution précédente on a vu que la largeur à donner à la roue était de $1^m 76$ ou au moins de $1^m 66$; on aurait pu obtenir une largeur beaucoup moindre, en la faisant tourner plus vite et en augmentant la vitesse de l'eau. Supposons qu'on résolve la question dans l'hypothèse que la vitesse de la roue dût être de $1^m 50$, au lieu d'un mètre, il faut alors, pour que la vitesse de l'eau sortant de l'orifice soit double de celle de la roue, qu'elle égale 3 mètres par seconde.

La hauteur de pression du niveau au centre de l'orifice doit être pour cela, de $0^m 46$ (2e table, tome 1er).

Admettant l'orifice de la vanne également ouvert à $0^m 06$, la hauteur totale au-dessus de la roue serait

$$0{,}46 + 0{,}03 + 0{,}02 = 0^m 51,$$

par conséquent le diamètre extérieur de celle-ci

ou $$d = 4^m56 - 0^m51 = 4^m05$$

la largeur de la vanne ou

$$l = \frac{0^m140}{0,66 \times 3^m \times 0^m70} = 1^m11,$$

et par suite la largeur de la roue

$$L = 1,11 + 0,10 = 1^m21.$$

Cette largeur est, comme on le voit, sensiblement moindre que dans le premier cas; disons aussi que l'effet utile que cette roue plus étroite, marchant à la vitesse de 1^m50 par 1″, sera capable de transmettre, sera 4 à 5 p. 0/0 plus faible. Cependant il peut être préférable dans bien des circonstances d'adopter plutôt cette largeur plus faible, soit pour rendre la roue plus légère, et plus économique de construction, soit encore pour la mettre plus en rapport avec la vitesse à communiquer aux appareils à mouvoir. Ainsi il est évident que cette roue devrait faire

$$60 \times 1^m50 \div 4^m05 \times 5,14 = 7,07$$

révolutions par minute, tandis que la première ne fait que 4,44. Les autres parties de la roue, qui se détermineraient d'ailleurs comme ci-dessus, seraient à peu près les mêmes.

Troisième solution. — On pourrait encore construire la roue, en admettant une épaisseur de lame d'eau sensiblement plus grande que celle sur laquelle nous avons basé les calculs précédents ; ainsi on pourrait supposer que l'orifice fût ouvert à 0^m10 au lieu de 0^m06; dans ce cas, la largeur de la vanne et de la roue serait bien moindre, mais remarquons bien que ce serait le cas le plus désavantageux, parce qu'il faudrait faire les augets plus ouverts, c'est-à-dire que l'angle de la partie antérieure avec la tangente à la circonférence extérieure et passant par son extrémité, au lieu d'être de 15 à 16° devrait être de 30 à 32°, les augets seraient plus profonds et plus écartés, ils déverseraient beaucoup plus tôt, et il en résulterait, par suite, une différence en moins d'effet utile qui pourrait s'élever à 15 p. 0/0. Il est vrai que la largeur de la vanne serait réduite à 1 mètre, en ne faisant marcher la roue qu'avec une vitesse de 1 mètre par 1″, et qu'elle ne serait plus que de 0^m67 ; lorsque la roue marcherait à la vitesse de 1^m50, la profondeur des augets serait environ de 0^m34, et leur écartement de 0^m40.

On conçoit qu'une telle disposition ne peut convenir que dans le cas où les volumes d'eau à dépenser sont beaucoup plus considérables, et qu'on est tout à fait limité par la largeur à donner à la roue.

Deuxième question. — On propose d'établir une roue hydraulique à augets recevant l'eau par son sommet, avec les données suivantes :

La chute totale disponible est variable de 4^m50 à 4^m60, c'est-à-dire que le niveau supérieur est susceptible d'augmenter ou de diminuer de 0^m10.

Cette chute est partagée sur deux roues à remplacer par une seule. Sur l'une, la dépense d'eau s'effectue par un orifice vertical de 2^m62 de large sur 0^m05 à 0^m06 de hauteur, avec une pression maximum de 0^m46.

Sur la seconde, la dépense d'eau a lieu par une vanne verticale de 0^m65 de large, ouverte à 0^m04 ou 0^m05 de hauteur, avec une pression moyenne de 0^m80.

La contraction a lieu sur trois côtés de l'orifice dans les deux cas. On voudrait que la largeur de cette roue n'excédât pas 2^m92, et cependant on tient à conserver la huche qui existe, et dont la largeur est de 2^m62.

Solution. — La dépense d'eau par la première vanne de 2^m62 de large, lorsqu'elle est ouverte à 0^m05, est de (voir la 1re table, tome Ier) :

$$D = 2^m62 \times 93 \text{ lit.} \times 1{,}035 = 251 \text{ litres.}$$

(Il faut multiplier par 1,035, quand la contraction a lieu sur trois côtés de l'orifice.)

Et lorsqu'elle est ouverte à 0^m06, on trouve

$$D = 2^m62 \times 111 \text{ lit.} \times 1{,}035 = 301 \text{ litres.}$$

Par conséquent, la dépense moyenne est de

$$\frac{251 + 301}{2} = 276 \text{ litres.}$$

Pour la seconde vanne, on trouve, avec l'orifice de 0^m04

$$D = 0^m65 \times 99 \times 1{,}035 = 66 \text{ litres,}$$

et avec l'orifice de 0^m05,

$$D = 0^m65 \times 124 \times 1{,}035 = 84 \text{ litres.}$$

La dépense moyenne = 75 litres.

Ainsi la somme des deux moyennes est de

$$276 + 75 = 351 \text{ litres par } 1''.$$

Mais l'on doit calculer sur la plus grande dépense, laquelle est de

$$301 + 84 = 385 \text{ litres.}$$

La huche existante devant être conservée, la charge d'eau sur le centre de l'orifice est supposée ne pouvoir être que de 0^m46 au plus, et la largeur de la vanne rester à 2^m62. Par conséquent, pour pouvoir effectuer la dé-

pense maximum de 385 litres, il faudrait que la hauteur de l'orifice fût

$$h = \frac{D}{l \times \sqrt{2gH} \times 0{,}62},$$

ou

$$h = \frac{0{,}385}{2{,}62 \times 3^m \times 062} = 0^m078.$$

L'épaisseur de la lame d'eau arrivant sur les augets est évidemment sensiblement moindre, puisque la largeur de la roue est de 0m30 plus grande que celle de la vanne; elle n'est guère en effet que de 0m068.

Le diamètre extérieur de la roue serait alors

$$4^m62 - (0{,}46 + 0{,}039 + 0{,}02) = 4^m10.$$

Sa largeur étant limitée à 2m92, la profondeur à donner aux augets pour qu'ils ne soient qu'à moitié pleins, en admettant une vitesse

$$v = \frac{V}{2}$$

serait

$$p = \frac{8 \times 0{,}385}{3 \times 2^m92 \times 1{,}50} = 0^m234.$$

Expériences sur la roue de M. Bellot. — La roue en fonte représentée sur la pl. 37 est à peu près établie dans les conditions précédentes; elle remplace en effet deux roues à augets qui fonctionnent sur le même cours d'eau, dans l'établissement dit du Moulin. La plus forte de ces roues faisait marcher :

28 machines à carder la laine,
1 loup,
10 métiers en gros de 60 broches chaque,
3 métiers en fin de 240 »
12 métiers » de 180 »
1 scie, } ces derniers ne marchent pas constamment.
3 tours, }

La plus faible roue, supprimée, actionnait :

1 loup,
2 machines à carder,
7 métiers de 180 broches.

Le 6 avril 1842, M. Bellot, désirant se rendre compte de l'effet utile de

sa nouvelle roue en fonte, fit faire une première épreuve de la manière suivante :

Tout le train des machines précitées étant en marche, sur le premier arbre de transmission faisant 40 tours par 1', il fit appliquer un frein, avec un poids correspondant à une force additionnelle de 5 chevaux vapeur,

La pression sur le centre de l'orifice était de 0^m40,
La hauteur de cet orifice 0^m07.

En prenant pour coefficient de contraction 0,70, on trouve que la dépense d'eau écoulée sur la largeur de 2^m62 était de $359^{lit.}6$ par 1'', soit 360 litres.

La chute étant en ce moment de 4^m53, la force brute de l'eau était donc de

$$\frac{4,53 \times 360}{75} = 21,73 \text{ chevaux vapeur.}$$

On estime que tous les métiers et machines préparatoires ci-dessus exigent au moins 12 chevaux vapeur effectifs ; par conséquent, la puissance réelle obtenue à l'arbre de couche était au moins de 17 chevaux, et le rapport de l'effet utile à la force dépensée était comme 17 : 21,73, soit 78 pour 100.

On peut vérifier que, d'après les dimensions données aux augets, ils n'étaient pas à moitié pleins, et que la vitesse à la circonférence de la roue était environ de 1^m56 par 1'', c'est-à-dire les 0,56 environ de celle de l'eau sortant de l'orifice.

Pour vérifier si la roue serait capable, par sa construction, de résister à un grand effort, on a fait une seconde épreuve, dans laquelle, après avoir débrayé les machines et métiers, on a chargé le frein de 20 chevaux ; mais l'opération n'a pu être faite entièrement, parce que les coussinets du frein, qui étaient en bois, se sont échauffés trop fortement. Toutefois, M. Collière, neveu de M. Bellot, et qui a suivi la construction et les épreuves de cette roue, put encore remarquer le fait suivant :

La pression sur le centre de l'orifice était de 0^m35,
La hauteur de cet orifice 0, 16,

ce qui correspondait à une force brute d'environ 45 chevaux. Après une telle épreuve, la roue n'a éprouvé aucun craquement, et depuis elle a toujours fonctionné comme si on n'avait rien fait.

RÉSUMÉ DES PRINCIPALES DONNÉES SUR LES DIFFÉRENTES ROUES REPRÉSENTÉES PL. 38.

Grande roue de M. Perrot. — Nous avons dit que cette roue était établie sur une chute disponible d'environ 12^m80 ; elle fait marcher un

moulin à l'anglaise, à triple harnais de quatre paires de meules, qui peuvent moudre, pour la boulangerie lyonnaise, 75 à 90 hectolitres de blé par 24 heures.

L'eau de source qui l'alimente étant amenée par un canal déjà construit, on a pu déterminer, pour l'établissement de cette roue, le volume disponible, en mesurant la section de ce canal, et en cherchant la vitesse moyenne de l'eau. La quantité est très-variable, car elle s'est élevée à 100 et 120 litres par 1″ ; elle est quelquefois réduite, en été à moins de 50 litres.

Dépense d'eau par un canal. — Comme le cas de l'écoulement de l'eau par un canal découvert se présente, nous croyons devoir profiter de cette circonstance pour donner succinctement (pour les industriels qui ne les connaissent pas encore) les règles pratiques que l'on doit employer pour déterminer le volume d'eau qu'il peut fournir.

Le moyen le plus simple est de chercher la vitesse à la surface, en jetant dans la partie la plus régulière du canal des corps légers, tels que des morceaux de chêne, et en observant les temps qu'ils mettent à parcourir une longueur mesurée ; cette longueur en mètres, divisée par le temps en secondes, donne la vitesse cherchée. Lorsque cette vitesse est comprise entre 0m 20 et 1m 50, on en prend les 0,80 pour avoir la vitesse moyenne ; ce coefficient peut s'élever à 0,85 pour des vitesses à la surface de 0m 60 à 2m 50.

On peut alors calculer le volume d'eau que le canal peut donner, en multipliant la hauteur de la section d'eau par la largeur moyenne, ce qui donne la surface, puis ce résultat par la vitesse moyenne.

Exemple. — La largeur d'un canal à section rectangulaire est de 0m 60, la profondeur de l'eau dans ce canal est de 0m 18, la vitesse à la surface = 1m 20, quelle est la dépense d'eau de ce canal par 1″ ?

On a : $$1^{m}20 \times 0{,}80 = 0^{m}96$$

pour la vitesse moyenne.

Et comme l'aire de la section mouillée est égale à

$$0^{m}60 \times 0^{m}18 = 0^{m.q.}0108.$$

On a : $$D = 0{,}96 \times 0{,}0108 = 0^{m.c.}1037$$

ou $$D = 104 \text{ litres environ.}$$

Dans la roue de M. Perrot, on a compté sur une dépense de 120 litres par 1″ et on lui a donné 1 mètre de largeur.

Cette roue fait deux révolutions par minute, et les mouvements sont combinés pour que les meules fassent 120 tours à la vitesse normale.

Nous avons vu que son diamètre est de 12m 35, par conséquent sa vitesse à la circonférence est de :

$$\frac{12{,}35 \times 3{,}14 \times 2}{60} = 1^{m}292 \text{ par } 1'',$$

Or, la profondeur des augets = 0m29 (ils sont au nombre de 120, et en bois de 0m027 d'épaisseur); on peut voir d'après la formule établie :

$$D = 3/8\, l \times v \times p,$$

dans laquelle, remplaçant les quantités connues par leur valeur, on trouve :

$$D = \frac{3 \times 1^{m} \times 1^{m}292, \times 0^{m}19}{8} = 0^{m.c.}1135.$$

que les augets sont à moitié pleins, lorsque le volume d'eau à dépenser est de 113 litres par seconde.

Avec cette dépense, la chute totale étant de 12m80, la force brute de la source est de

$$\frac{12^{m}80 \times 113^{lit.}}{75} = 19,28 \text{ chevaux-vapeur.}$$

On obtient en effet utile près de 15 chevaux.

Roue de M. Hauducoeur. — La première roue établie chez ce meunier à Bures, par M. Cartier, ayant ses augets en bois, avait les dimensions suivantes :

Diamètre extérieur................	3m250
Diamètre intérieur	2, 684
Profondeur des augets.............	0, 283
Largeur intérieure.........	3, 010
Nombre de tours par 1″............	6, 5
Nombre d'augets...................	32.
Chute totale......................	3m66
Vitesse de la roue par 1″..........	1, 114

La dépense d'eau s'effectue par une vanne verticale, de 2m52 de largeur qui varie de 350 à 400 litres par 1″, comme la hauteur de pression est variable entre 0m35 à 0m40 dans la plus grande partie de l'année.

Lorsque les augets sont à moitié remplis, la dépense est de

$$D = \frac{3 \times 3{,}01 \times 1{,}114 \times 0{,}283}{8} = 356 \text{ litres par } 1''.$$

L'angle de la face antérieure des augets, avec le rayon passant à leur extrémité, était de 67°.

Dans la nouvelle roue, où les augets sont en tôle, la capacité est nécessairement un peu plus grande, puisque leur profondeur étant la même, leur épaisseur est neuf fois plus petite que celle des augets en bois. L'angle de ces augets est aussi un peu augmenté, comme on le voit fig. 21. La largeur de la roue a également été augmentée d'environ 0m10.

Lorsque le volume d'eau est de 400 litres par 1″, la force disponible de la chute est de

$$\frac{3^{m}66 \times 400}{75} = 19{,}52 \text{ chevaux vapeur.}$$

Avec cette force on fait marcher facilement les cinq paires de meules, plus les appareils de nettoyage et de blutage ; et le travail est environ de 18 à 20 hectolitres de blé moulus par paire de meules et par 24 heures.

Roue de MM. Japy. — Lorsque le vannage est oblique ou lorsqu'il est horizontal, comme dans la roue représentée fig. 19, nous avons vu qu'il fallait conduire l'eau sur les augets de la roue, par un coursier incliné N′ ou *bec* de vanne, dont l'inclinaison doit correspondre à la direction du filet moyen de l'eau, en donnant aux parties antérieures des augets une direction telle, qu'elles forment avec les tangentes au cercle extérieur, et passant par leur extrémité, un angle de 20 à 30° : on peut aussi, sans calculer la courbe décrite par le filet moyen, faire suivre au bec de vanne une inclinaison semblable, c'est-à-dire le diriger suivant une ligne faisant avec le fond de la huche ou du canal, supposé à peu près horizontale, le même angle de 20 à 30°. Nous croyons que cette règle est suffisamment exacte pour la pratique et qu'on évite ainsi, autant que possible, les chocs de l'eau contre les rebords des augets.

Ainsi, dans la petite roue de $2^{m}20$ de MM. Japy, l'angle des augets avec la tangente au cercle extérieur est de 23° ; l'angle du coursier incliné N′ avec le plan horizontal de la huche est aussi de 2°.

Les dimensions principales de cette roue sont les suivantes :

Diamètre exterieur.................	$2^{m}20$
Diamètre intérieur................	1, 88
Nombre d'augets...................	28
Profondeur des augets.............	$0^{m}16$
Hauteur totale de la chute..........	2. 480
Hauteur de pression sur l'orifice....	0, 22

L'inclinaison des augets sur les rayons passant à leur extrémité, est de 67°.

POIDS ET PRIX DE REVIENT DE DIVERSES ROUES A AUGETS.

Comme nous l'avons dit en commençant cet article, nous allons donner les poids et les prix de plusieurs roues hydrauliques à augets, établies en fonte et en fer, ou en bois et en fonte. Quoique ces données varient nécessairement, suivant le genre de construction adopté, suivant les matières premières employées, comme aussi suivant les localités, nous espérons cependant qu'elles intéresseront non-seulement les constructeurs qui s'occupent de ce sujet, mais aussi les industriels, les manufacturiers, qui emploient ou veulent faire monter de tels moteurs.

PREMIÈRE ROUE A AUGETS, EN BOIS

DE M. HAUDUCŒUR.

NOMBRE de pièces.	DÉSIGNATION ET DIMENSIONS des pièces composant la roue.	POIDS des pièces.	PRIX de revient des matières brutes.	PRIX de vente.
		kil.	fr.	fr.
1	Arbre en chêne de $5^{m}60$ de longueur sur $0^{m}56$ d'équarrissage à 8 pans..........................	1650	....	351
2	Tourillons en fonte de $0^{m}125$ de diamètre, tournés, à 4 ailes, et construits comme ceux de la roue de côté (1re liv. t. I)...........................	280	140	420
6	Frettes en fer forgé de $0^{m}50$ de largeur sur $0^{m}26$ d'épaisseur, ensemble........................	102	62	153
2	Paliers en fonte, leurs plaques, boulons et coussinets en bronze, sans chapeaux......................	85	65	144
3	Tourteaux en fonte, à 8 branches, et de forme octogonale....................................	714	357	640
48	Boulons pour fixer les bras sur les tourteaux avec leurs écrous................................	22	16	33
	Bras en chêne de $0^{m}16$ sur $0^{m}14$ et $1^{m}30$ de longueur....................................	698	....	192
24	Boulons servant à assembler les bras aux couronnes, avec leurs ecrons..............................	30	21	45
3	Couronnes ou cordons en chêne, formées chacune de deux jantes ayant $0^{m}04$ d'épaisseur, et $0^{m}30$ de large, dressées et assemblées, puis réunies pour recevoir les augets..........................	666	....	900
32	Augets de $3^{m}10$ de longueur (chacun en deux parties), en planches de chêne de $0^{m}27$ d'épaisseur...	1339	....	1100
1	Fonçure en planches de chêne, de $3^{m}30$ de largeur, et $0^{m}027$ d'épaisseur.........................	743	....	400
3	Cercles en fer méplat, fixés sur le bord extérieur des couronnes..................................	96	67	144
16	Boulons d'écartement avec écrous maintenant les couronnes entre elles, de $3^{m}40$ de longueur.........	130	78	195
7	Grosses de vis à bois................................	....	....	28
	TOTAUX........	6555 kil.	....	4745 fr.

Une telle roue a marché jour et nuit pendant sept années consécutives. C'est principalement à cause des augets, qui étaient en partie détériorés, que M. Hauducœur l'a fait remplacer il y a quelques mois.

Les dimensions de la nouvelle roue sont restées les mêmes, à l'exception des augets qui sont au nombre de 36, au lieu de 32 et en tôle de 3 mill. d'épaisseur, avec la fonçure, au lieu de planches de chêne ; les autres parties sont tout à fait semblables à celles de la première roue.

Le poids des 36 augets en tôle, qui comprennent chacun 3m 20 de largeur, sur 0m 81 de développement avec le fond, est de 2093 kilog., dont 32 kil. de rivets pour les lier entre eux, et 6 cercles en fer méplat rapportés vers les bords des couronnes. Ces tôles, achetées au poids, à raison de 70 fr. les 100 kil., ont été comptées, toutes façonnées, dans le prix de vente, à raison de 1 fr. 50 le kilog. ; par conséquent les 36 augets sont revenus à 3,139 fr. Le propriétaire a payé, en outre, 250 fr. pour les déchets de la tôle.

Il est aisé de voir que le poids de la nouvelle roue, avec ses augets en tôle, n'est pas aussi élevé que celui de l'ancienne. En effet, les 32 augets en chêne, avec la fonçure et les trois cercles, pèsent ensemble 2178 kil. ; c'est donc 85 kil. en plus de l'autre.

Elle est, à la vérité, plus dispendieuse, car son prix s'élève à 6,490 fr. ; mais pour cette augmentation de dépense, qui se monte à environ 1,750 fr. pour le propriétaire, il est certain d'avoir une roue qui durera beaucoup plus de temps que la première, surtout en ayant le soin de renouveler la peinture des augets, tous les deux ans, par exemple.

Dans l'évaluation précédente, ne sont pas compris les frais de pose, que l'on peut estimer à 300 fr. Du reste, la valeur totale de la roue doit nécessairement varier suivant les localités. Construite à Paris, où la main-d'œuvre et les matières premières sont généralement plus élevées qu'ailleurs, on peut regarder le chiffre donné comme maximum du prix de revient.

Le poids total de la roue, lorsqu'elle est en activité, et que le volume d'eau disponible est de 400 litres, par seconde, est environ de 9100 à 9200 kilog., en y comprenant le poids du premier engrenage moteur qui est monté à l'extrémité de l'arbre. Ainsi les tourillons de ce dernier sont susceptibles de porter chacun une charge de 4550 à 4600 kilog.

Il serait facile de déterminer par analogie le poids et le prix d'une roue construite d'une manière à peu près semblable, et qui aurait plus ou moins de largeur, en observant qu'au-dessous de 2 mètres de large, elle n'aurait que deux couronnes ou cordons, et au-dessus de 4 mètres, il faudrait lui en donner plus de trois.

Roue en fonte de M. Convert. — Nous avons dit que cette roue avait 2m 28 de diamètre extérieur et 1 mètre de largeur intérieure. Les deux couronnes ont chacune 0m 019 d'épaisseur, sur 0m 22 de large, avec des rebords à l'intérieur pour recevoir les augets en tôle ; elles sont fondues avec les tourteaux et croisillons à six branches (voyez pl. 33, tome Ier) ;

les tôles des augets et la fonçure ont 3 à 3 1/2 millimètres d'épaisseur.

Le poids total de cette roue, sans son arbre, est de 1,600 kil.; l'arbre, qui est en fer forgé, est de 405 kil.; le corps de cet arbre est de 0m 12 de diamètre, et il a environ 3 mètres de longueur, parce qu'il se prolonge dans l'intérieur du moulin. Il porte, vers une de ses extrémités, une roue d'angle de 1m 63 de diamètre primitif, et dont le poids est de 370 kil.

Cette roue a été établie avec les autres parties du mécanisme du moulin de 3 paires de meules, comprenant les arbres tournés, les engrenages alésés, tournés et taillés à raison de 1 fr. 60 cent. le kilog.; aussi elle est revenue seule avec son arbre, au propriétaire, à 3,208 fr. Elle n'aurait probablement pas coûté plus de 3,000 fr. si on l'avait construite à un prix séparé de celui du mécanisme.

La vitesse de la roue, à l'état normal, est de 15 révolutions par minute, ce qui lui donne 1m 79 à la circonférence par 1″. En admettant une dépense de 150 litres par seconde, qui correspond à peu près à la capacité des augets remplis à moitié, on peut trouver que la charge totale sur ses deux tourillons est de 2,800 kilog. environ; avec un plus grand volume d'eau, elle peut s'élever à 3,000 kilog., soit 1,500 kilog. sur chaque coussinet.

Une telle roue, construite en bois, aurait coûté au moins 2,000 fr.; elle ne présenterait évidemment pas la même solidité que celle en fonte, ne pourrait pas durer aussi longtemps, occasionnerait plus de réparations, et elle serait d'un poids au moins aussi considérable. Depuis plus de trois ans que celle-ci fonctionne, elle n'a exigé aucun frais d'entretien. Il est probable qu'elle marchera encore ainsi fort longtemps. En la construisant avec des augets en tôle, les couronnes et les bras restant en bois, elle aurait exigé plus de main-d'œuvre et par conséquent elle serait revenue à un prix presque aussi élevé que celle en fonte.

Quoique le propriétaire, M. Convert, ait fait monter trois paires de meules, cette roue n'en fait toujours marcher que deux, et quelquefois même une seule, lorsque la source n'est pas abondante.

Roue en fonte et en fer de M. Bellot. — Nous devons à cet habile manufacturier d'avoir bien voulu nous communiquer le poids des pièces et le prix de revient de sa roue en fonte que nous venons de décrire, et dont nous avons donné toutes les dimensions. Nous remarquerons que cette roue a été faite à Augecourt, près Sedan, à proximité d'une usine à fer, où l'on a pu avoir les matières premières à très-bon compte, condition importante, que l'on ne peut pas négliger de prendre en considération.

POIDS.	MATÉRIAUX ET MAIN-D'ŒUVRE.	PRIX.	
kil.		fr.	c.
7147	Fonte pour les couronnes, tourteaux, bras, engrenage, à 30 fr. les 100 kil.	2144	10
2401	Tôle pour les augets et fonçure, à 60 fr. les 100 kil.	1420	60
»	Façon des augets.	305	95
558	Boulons et rivets pour fixer les augets et fonçures et autres, à 1 fr. 50 cent.	837	»
370	Grands boulons d'écartement, à 1 fr. 50 cent.	554	30
162	Fer laminé pour soutenir les augets au milieu, à 60 fr.	97	20
611	Fer pour divers objets accessoires.	343	98
162	Plomb laminé pour les joints des augets.	397	80
14	Coussinets en bronze pour les deux tourillons.	56	»
	Façon des modèles en bois.	460	»
	Charpente, pour la construction et pose.	328	»
	Limes, acier, clavettes, etc.	346	06
	Minium, blanc de céruse et huile.	125	»
	Main-d'œuvre pour la confection et pose.	2260	»
11424	Prix total.	9695	99

Cette roue est revenue, comme on le voit, mise en place, à environ 9,700 fr. : pour peu que l'on compte les objets manqués ou autres non-valeurs, on peut élever ce chiffre à 10,000 fr. Comme le poids total de la roue, en y comprenant l'arbre et les paliers, est de 11,424 kilog., le prix de revient est donc de

$$\frac{10{,}000}{11{,}424} = 0^{\text{fr.}}876 \text{ par kilog.}$$

Si l'on suppose que la dépense d'eau devienne assez grande pour que les augets soient à moitié remplis, lorsqu'ils marchent avec une vitesse de $1^{m}56$ par 1'' extérieurement, la charge totale sur chacun des deux tourillons qui sont en fer aciéré, peut être environ de 6,400 kilog. Lorsque les augets ne sont remplis qu'au 1/4 de leur capacité, la charge est encore au moins de 6,000 kilog. sur chaque tourillon.

Grande roue de M. Perrot. — Le poids de cette roue, représentée sur les fig. 12 et 13 de la pl. 38, peut s'élever à 12,000 kilog. à vide.

En effet, le poids de l'arbre en fonte était de 530 kil.

Celui de l'arbre en fer qui l'a remplacé est environ de.	430 kilog.
Celui des deux croisillons en fonte................	757
Celui des segments dentés formant l'engrenage....	1,149
Ferrures, boulons et vis, environ.................	500
Le poids des couronnes et augets en chêne, calculé.	4,000
Celui des 24 bras en chêne, des traverses, croix de Saint-André, etc. (aussi calculé)................	5,165
Total......	12,001 kilog.

Le prix de cette roue est de :

Arbre et tourteaux..................................	1,500 fr.
Engrenages et boulons..........................	1,860
Paliers, chapeaux et coussinets..................	120
Toute la partie en bois..............................	3,500
Total.......	6,980 fr.

Soit 7,000 fr. le prix total de ladite roue. En la construisant en fer et en fonte, elle serait évidemment revenue à plus du double.

Les tourillons en fer ont 0^{m}135 de diamètre, sur 0^{m}15 de largeur ; la charge sur chacun d'eux, lorsque les augets sont à peu près à moitié remplis, est de 6,800 kilog. environ.

D'après les données précédentes, nous pensons qu'on pourra avoir une idée suffisamment exacte du poids et de la valeur des roues à augets, suivant leurs dimensions et les matières employées. On pourra ainsi se décider plus facilement pour tel ou tel système, soit en ayant égard au prix de revient, soit, au contraire, à la solidité et à la durée du moteur. Comme les prix sont aussi variables selon les localités, il est évident qu'on doit d'abord prendre cette circonstance en considération.

RÈGLE PRATIQUE POUR DÉTERMINER LE DIAMÈTRE DES TOURILLONS DES ROUES HYDRAULIQUES.

Quoiqu'il ait été publié, dans divers traités de mécanique, plusieurs règles pour déterminer les dimensions qu'il convient de donner aux arbres et aux tourillons de roues hydrauliques, comme ces règles sont toujours plus ou moins compliquées et qu'elles exigent constamment des extractions de racines, opérations longues et pénibles, nous avons cru qu'il ne serait peut-être pas sans intérêt, pour terminer ce sujet, d'établir une table pratique à l'aide de laquelle on pourrait connaître de suite les diamètres des tourillons en fonte ou en fer. Convaincu, comme nous le sommes, qu'en

mécanique on doit, autant que possible, abréger le temps, surtout celui des calculs laborieux, nous profitons de chaque circonstance pour donner à propos des règles simples ou des tables qui simplifient de beaucoup le travail.

La table suivante est relative aux tourillons soumis à des efforts latéraux ou à de fortes charges, comme ceux qui portent les roues hydrauliques, les balanciers des machines à vapeur, ou encore les tourillons d'arbres exposés à des chocs tels que ceux des marteaux, des bocards, des pilons, etc. Cett table a beaucoup d'analogie avec celles que nous avons déjà données dans notre premier volume, à l'article des machines à vapeur, en traitant des arbres soumis à des efforts de tension. Elle est aussi simple et aussi facile à établir. Elle repose également sur ce principe que la force des tourillons est proportionnelle au cube de leur diamètre ; de sorte qu'il suffit de connaître quelle est la charge que l'on peut faire supporter à des tourillons d'une dimension donnée pour déterminer par suite le diamètre d'autres tourillons qui doivent soutenir des charges plus fortes ou plus faibles.

Il sera facile de voir que notre table conduit aux mêmes résultats que ceux déterminés par les règles de M. Buchanan, qui, dans ses essais pratiques sur les transmissions de mouvement, a traité cette question avec beaucoup de détails. Nous ferons remarquer toutefois que, quoique, dans la nouvelle édition anglaise de cet ouvrage, on n'ait aucunement modifié ces règles, nous avons augmenté légèrement le coefficient qui nous a servi de base, c'est-à-dire que nous avons supposé que les tourillons en fer ou en fonte peuvent réellement supporter une plus forte charge que celle admise par le savant auteur, et par d'autres ingénieurs non moins recommandables. Soit que les matières premières soient réellement mieux travaillées aujourd'hui qu'il y a 20 ou 25 ans, soit qu'on appréhende moins les chances de rupture, soit enfin que l'on soit convaincu que l'on donnait des dimensions trop considérables, il est certain qu'on peut sensiblement réduire les diamètres des tourillons des arbres, comme on paraît le faire du reste, assez généralement ; il en est de même des dentures d'engrenage que nous nous proposons de traiter bientôt.

TABLE

SERVANT A DÉTERMINER LES DIAMÈTRES DES TOURILLONS DE ROUES HYDRAULIQUES, OU DES ARBRES SOUMIS A DE FORTES CHARGES.

DIAMETRE des tourillons en fonte. 1re	CUBES de ces diamètres. 2e	CHARGE totale sur les tourillons. 3e	DIAMETRE des tourillons en fer, d'après Buchanan. 4e	Tredgold. 5e	OBSERVATIONS.
cent.		kilog.	cent.	cent.	La 1re colonne représente le diamètre des tourillons en fonte en centimètres. La 2e colonne donne les cubes de ces diamètres. La 3e colonne représente la charge totale en kilogrammes, qui porte sur les deux tourillons; elle est déterminée en multipliant chacun des nombres successifs de la 2e colonne par 3, 8, etc. La 4e colonne donne les dispositions des tourillons en fer forgé, correspondant aux mêmes charges. Elle a été obtenue en multipliant les nombres de la 1re colonne par 0,863, coefficient donné par Buchanan. La 5e colonne donne aussi les diamètres des tourillons en fer d'après Tredgold, en prenant pour coefficient 0.963.
1	1	3.8	0.86	0.96	
2	8	30.4	1.73	1.93	
3	27	102.6	2.59	2.89	
4	64	243.2	3.45	3.85	
5	125	475.0	4.31	4.81	
6	216	820.8	5.18	5.78	
7	343	1303.4	6.04	6.74	
8	512	1945.6	6.90	7.70	
9	729	2770.2	7.77	8.67	
10	1000	3800.0	8.63	9.63	
11	1331	5057.8	9.49	10.59	
12	1728	6566.4	10.36	11.56	
13	2197	8348.6	11.22	12.52	
14	2744	10427.2	12.08	13.48	
15	3375	12825.0	12.95	14.45	
16	4096	15564.8	13.81	15.41	
17	4913	18669.4	14.67	16.37	
18	5833	22161.6	15.53	17.33	
19	6859	26064.2	16.40	18.30	
20	8000	30400.0	17.26	19.26	
21	9261	35191.8	18.12	20.22	
22	10648	40482.4	18.99	21.19	
23	12167	46234.6	19.85	22.15	
24	13824	52523.2	20.71	23.11	
25	15625	59375.0	21.57	24.07	
26	17576	66788.8	22.44	25.04	
27	19683	74795.4	23.30	26.00	
28	21952	83417.6	24.16	26.96	
29	24389	92678.2	25.03	27.93	
30	27808	102600.0	25.89	28.89	

Règle. On comprend sans peine qu'à l'aide de cette table, il suffit de connaître le poids total de la roue, de chercher ce poids dans la troisième colonne, et le nombre correspondant dans la première ou dans la quatrième donne le diamètre des tourillons en fonte ou en fer.

Premier exemple. *Quel est le diamètre à donner aux tourillons en fonte d'une roue hydraulique dont le poids total, lorsqu'elle fonctionne, est de 6,600 kilog.?*

On trouve dans la troisième colonne de la table 6,366 qui est très-proche de 6,600 ; le nombre correspondant dans la première colonne est 12 cent. diamètre à donner aux tourillons.

On a vu que les tourillons en fonte de la roue de M. Hauducœur, qui pèse 9,100 kil., ont $0^m 125$ de diamètre.

Deuxième exemple. *Quel doit être le diamètre des tourillons en fer qui supportent une roue à augets dont la charge est de 13,500 kilog.?*

Ce nombre est compris entre 12,825 et 15,564 (dans la troisième colonne), par conséquent, le diamètre des tourillons doit être entre $12^c 95$ et $13^c 81$; il est environ $13^c 3$.

Règle de Buchanan. En traduisant en mesures métriques la règle de M. Buchanan et en réduisant le cofficient 3,3, correspondant aux tourillons en fonte, à 3, elle peut se mettre sous la forme de

$$d = 3\sqrt[3]{Q}$$

que l'on peut exprimer ainsi :

Extraire la racine cubique de la charge totale exprimée en quintaux métriques (de 100 kilog.), et multiplier par 3 ; le résultat donne le diamètre des tourillons en fonte, en centimètres.

Pour les tourillons en fer forgé, il faut multiplier le diamètre trouvé de ceux en fonte par 0,863.

On sait que Buchanan établit le rapport de 9 à 14 entre les efforts que sont capables de supporter les tourillons en fonte et en fer de même dimension.

Cependant, d'après une note insérée dans la dernière édition des *Practical essays of mill-work*, de Buchanan, M. Tredgold pense que la résistance de la bonne fonte douce est à celle du bon fer malléable anglais, comme 1 : 1,3 à peu près, et que, pour avoir le diamètre d'un tourillon en fer, il faut multiplier celui du tourillon en fonte par 0,963, et non pas par 0,863.

Nous avons établi la dernière colonne suivant ce nouveau coefficient ; nous croyons pourtant que, lorsqu'on a le soin d'employer du bon fer bien corroyé, les tourillons en fer déterminés par la quatrième colonne, qui a été calculée avec le coefficient 0,863, sont bien assez résistants.

Pour donner, du reste, de la confiance à la table précédente, nous avons réuni dans le tableau suivant les dimensions et les poids de différentes roues établies et fonctionnant. Il sera ainsi bien aisé de vérifier ces données avec les résultats pratiques.

TABLEAU DE COMPARAISON

ENTRE LES DIAMÈTRES DES TOURILLONS CALCULÉS ET CEUX DES DIFFÉRENTES ROUES HYDRAULIQUES EXISTANTES

DÉSIGNATION et système des roues.	DIAMÈTRE extérieur de la roue.	LARGEUR intérieure de la roue.	POIDS total.	DIAMÈTRE des tourillons		NATURE des tourillons.	OBSERVATIONS.
				existants.	calculés.		
	mètres.	mètres.	kil.	cent.	cent.		
De Guebwiller, à augets, en fonte.............	9.10	3.155	3 500	20.4	20.1	Fonte.	Marche depuis 10 ans.
De Logelbach, id.........................	»	»	44000	21.6	22.5	Id.	Marche depuis 12 ans.
Roue anglaise, en bois......................	7.32	3.66	21520	17.8	17.8	Id.	Voyez Buchanan.
Id. id.. en fonte......................	4.88	2.44	14980	16 8	15.9	Id.	Id. Le tourillon a cassé, étant de mauvaise fonte.
Id. id. id..........................	4.88	1.83	10900	17.8	11.2	Id.	Voyez Buchanan.
Id. id. id..........................	9.76	1.37	21800	»	17.9	Id.	Id.
Id. id. en bois.........................	4.88	2.75	9580	15.0	13.8	Id.	Id.
Roue de M. Bellot, en fonte...................	4.10	2.92	11000	10.0	12.0	Fer aciéré.	Marche depuis 1 an.
Roue de M. Perrot, en bois....................	12.35	1.00	13400	13.5	13.3	Fer forgé.	Marche depuis plus de trois ans.
Roues de M. Handucœur, bois et tôle...........	3.25	3.10	9100	12.5	13.3	Fonte.	La première a marché 7 ans.
Roue de M. Hall, en fonte.....................	6.56	0.82	»	10.5	»	Id.	Marche depuis 12 ans.

Longueur des tourillons. On fait très-souvent la longueur des tourillons égale à leur diamètre ; suivant Tredgold, on peut la faire 1,2 plus grande. Nous croyons qu'en général pour tous les arbres soumis à des pressions latérales et qui ne reçoivent pas de grands efforts de torsion, il convient de donner aux tourillons une longueur beaucoup plus grande ; le frottement sur les coussinets n'en est pas augmenté, car il est en raison du diamètre, et non de la longueur, comme on peut le vérifier par la règle suivante ; on a, au contraire, par une augmentation de longueur, l'avantage de moins fatiguer les coussinets et les tourillons eux-mêmes, parce que la charge se répartit sur une plus grande surface : du reste, cette observation n'est pas nouvelle, car on a commencé, depuis plusieurs années, à donner aux tourillons de grandes portées, qui sont souvent doubles de leur diamètre.

RÈGLE POUR DÉTERMINER LA QUANTITÉ DE TRAVAIL CONSOMMÉE PAR LE FROTTEMENT DES TOURILLONS.

Pour compléter le sujet que nous venons d'essayer de traiter, nous donnons la règle suivante, extraite de l'*Aide-mémoire* de M. Morin, et servant à calculer la quantité de travail que consomme le frottement des tourillons d'un arbre de roue ou autre sur ses coussinets.

Déterminez la pression N exercée sur les coussinets, en tenant compte du poids de l'arbre et de son équipage, de l'effort de la puissance et de celui de la résistance ;

Multipliez cette pression N par le rapport f du frottement à la pression, correspondant à l'état des corps en contact, vous aurez le frottement f N ;

Multipliez ce frottement par le chemin parcouru par les points en contact dans une révolution, ou par la circonférence $2\pi r = 6{,}28\, r$;

Le produit $9{,}28\, f\, N\, r$ sera le travail consommé par le frottement pour chaque tour.

Pour avoir le travail consommé dans chaque seconde, multipliez ce produit par le nombre n de tours faits par 1″ ;

Le produit $6{,}28\, nf\, N\, r$ sera le travail par seconde.

Le rapport f du frottement à la pression, des tourillons en fonte ou en fer, sur coussinets en fonte ou en bronze, est de 0,07 à 0,08, lorsque l'enduit d'huile d'olive, de saindoux, ou de suif, est renouvelé à la manière ordinaire ; il se réduit à 0,054, quand il est renouvelé d'une manière continue.

PONT EN FONTE

A DIRECTION BIAISE

ÉTABLI SUR LE CANAL DE LA BRUSCHE, POUR LE CHEMIN DE FER DE STRASBOURG A BALE

Par M. CADIAT, Ingénieur

(PLANCHES 39 ET 40)



Le grand nombre de lignes de chemins de fer projetées et exécutées en France, exigeront nécessairement le concours des ingénieurs, des constructeurs mécaniciens, des fondeurs et des maîtres de forge, non-seulement sous le rapport de la confection des machines locomotives, des tenders, wagons et autres appareils, mais encore sous le rapport de l'exécution des travaux d'art.

Ainsi, maintenant que l'on a fait de si belles applications de la fonte et du fer dans l'établissement des ponts fixes à grandes et à petites portées, on peut sans crainte les renouveler dans bien des circonstances, et dans la construction des railways elles se présenteront naturellement fort souvent, sur des dimensions plus ou moins considérables et avec des conditions plus ou moins difficiles, plus ou moins variables.

Déjà, sur plusieurs des lignes établies, il en existe qui, s'ils ne sont pas remarquables sous le rapport monumental, le sont au moins sous celui de la solidité, de la bonne exécution et de la durée qu'ils présentent; comme c'est entièrement dans l'unique but d'utilité qu'on les établit, on doit évidemment s'attacher à ce qu'ils remplissent ces conditions essentielles. Persuadé que plusieurs de nos lecteurs, ingénieurs ou mécaniciens, seront appelés à s'occuper de ces travaux, nous avons pensé que nous ne nous écartions pas de notre principal objet, en donnant dans ce Recueil le dessin et la description d'un pont en fonte, bien entendu, et tel qu'il peut s'en rencontrer très-souvent de semblables, dans les différents travaux d'art à exécuter.

Ce pont a été construit il y a quelques années, dans les ateliers de MM. de Dietrich à Reischoffen près Niederbronn sur les plans et sous la direction même de M. Cadiat, alors associé avec cette grande maison de

construction. Cet ingénieur fut appelé à en établir plusieurs vers la même époque, sur des dimensions plus considérables que celui-ci, et dont il a bien voulu, avec son obligeance accoutumée, nous communiquer les tracés détaillés.

Établi sur le canal de la Brusche, qui passe sous le chemin de fer de Strasbourg à Bâle, ce pont offre cette particularité, qui du reste, se représente assez souvent sur les rails-routes, qu'il n'est pas perpendiculaire à l'axe du canal, mais situé dans une direction oblique; il en résulte que les plans verticaux des fermes forment, avec les plaques de retombée sur lesquelles elles reposent, un certain angle qui n'est pas droit comme on peut aisément le voir sur le dessin pl. 39.

« Quand on réfléchit aux avantages que présentent les ponts en fonte, dit M. Polonceau dans son exposé historique (1), on est porté à s'étonner de ce que l'on en aît exécuté si peu en France, et même en Angleterre, où l'on a une si grande habitude de l'emploi de la fonte, et où elle est à si bon marché. Si l'on compare ces sortes de ponts aux ponts en pierre, on trouve qu'ils sont plus faciles à exécuter et beaucoup moins dispendieux, et que, quand ils ont des tabliers en fonte, ils ne doivent leur céder en rien en durée, si même ils ne leur sont supérieurs. En effet, la fonte est plus inaltérable et plus également résistante que la pierre; elle convient mieux pour les ponts de grande ouverture, parce que, le poids d'un arche en fonte étant de beaucoup inférieur à celui d'une arche en pierre de même ouverture, on a moins à craindre l'ébranlement et le renversement des piles et des culées, que l'on peut, par cette raison exécuter à meilleur marché. »

« Comparés aux ponts en charpente, les ponts en fonte coûtent moitié environ plus que ceux qui, dans cette catégorie, ont des piles en pierre; mais leur durée est indéfinie, et tandis que l'entretien des ponts en charpente est fort coûteux, celui des ponts en fonte est presque nul.

« Enfin, la différence entre la dépense des ponts fixes en fonte et celle des ponts suspendus bien exécutés n'est pas aussi considérable qu'on pourrait le croire. »

DESCRIPTION DU PONT DE LA BRUSCHE,

REPRÉSENTÉ PL. 39 ET 40.

Des fermes en fonte et des voussoirs. Ce pont dont l'ouverture totale est de $13^{m}40$ est à trois arches, qui reposent sur deux piles et deux culées en pierre de taille; leurs cintres sont des arcs de cercle : celui du milieu, qui se trouve directement au-dessus de la largeur du canal, a une corde

(1) Notice sur le nouveau système de ponts en fonte suivi dans la construction du pont du Carrousel (avec planches), par M. Polonceau, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées (1839). On sait que ce pont est véritablement un chef-d'œuvre de construction.

de 5 mètres sur 0m38 de flèche; ainsi le rapport de la flèche à la corde est de 1 à 13,16, et le rayon de l'arc de 8m20, et les deux autres n'ont que 3 mètres de corde et la même flèche; par conséquent, le rapport entre ces deux lignes est comme 1 à 7,89, et le rayon de l'arc de 2m92.

Il résulte de ces dimensions que l'angle que forment les rayons extrêmes qui passent par les naissances de l'arche du milieu, est de 36 degrés, et celui des rayons passant par les naissances des deux autres est de 62,6 degrés.

Chacune des arches se compose de six fermes en fonte A et A' (voyez l'élévation fig. 1re, le plan fig. 2, et la coupe transversale fig. 3); chaque ferme est d'une seule pièce, à nervures qui, tout en présentant une grande force de résistance, ont permis de les établir avec le moins de matières possible. Elles reposent à chaque extrémité sur les grandes plaques de retombée ou *voussoirs de naissance* B, dont une partie est inclinée suivant le rayon passant par la naissance de la ferme, et l'autre est verticale, mais encastrée comme la première, dans les *coussinets* des piles et des culées.

Les *tympans*, ou parties droites des fermes, sont aussi venus de fonte avec celles-ci; on voit qu'ils sont dirigés suivant les rayons des arcs et renforcés par des nervures avec des moulures autour des évidements. Le *longeron*, qui est la partie droite horizontale de chaque ferme et qui réunit les tympans, est également fondu avec l'arc, et repose par ses extrémités sur le couronnement des piles et des culées.

Mais afin de donner à ces arcs toute la rigidité qui est nécessaire dans les fermes en métal, le constructeur a eu le soin de les bander fortement, au moyen de cales en fer *a* (fig. 6), ajustées avec précision dans les entailles *b* ménagées sur la face inclinée des plaques B, comme le montrent les détails, fig. 4 et 5, et la fig. 6 qui est, à l'échelle de 2/25, une section verticale faite suivant la ligne 5-6. Des trous rectangulaires *c*, percés à travers les saillies *d* ménagées pour la butée des arcs et des cales, permettent de chasser celles-ci au besoin. On voit, par les dernières figures 4 et 5, que les plaques de retombée ne sont pas fondues d'une seule pièce; comme leur longueur totale est de 7m95, c'est-à-dire un peu plus grande que la largeur du pont, le constructeur les a faites en quatre parties, aux extrémités desquelles il a ménagé des brides ou embases plates *e*, qui ont permis de les assembler par trois boulons. Ces brides sont perpendiculaires aux surfaces des voussoirs de naissance, et ceux-ci sont inclinés à 8 degrés par rapport à la direction même des plans des fermes. L'arête supérieure de ces voussoirs forme une moulure arrondie qui saillit les faces des piles et des culées, et le rebord saillant inférieur *f* s'appuie sur l'espèce de corniche, en pierres de taille, qui forme le sommet de ces piles et culées, et la base de leurs coussinets, voyez fig. 1re, pl. 39.

Des entretoises. Pour relier les fermes entre elles, et les rendre solidaires en prévenant les déversements latéraux, le constructeur a disposé des entretoises obliques en fonte C, qui sont assemblées par leurs extrémités, au moyen de boulons verticaux, avec les semelles ou oreilles *g* et *g'*, venues

de fonte également avec les longerons des fermes, en laissant entre ces semelles un espace égal à l'épaisseur des chapes des entretoises, voy. fig 3, et la section faite sur une échelle double, fig. 8. Ces entretoises sont à nervures croisées, et en forme parabolique sur leur longueur, comme certaines bielles dans un grand nombre de machines; celles qui se croisent (fig. 2) sont en partie entaillées vers leur milieu, pour rester à très-peu près dans le même plan horizontal. Pour les grandes fermes, outre les entretoises obliques, il y en a cinq autres droites dans une direction perpendiculaire aux plans des arcs. Pour que toutes ces entretoises soient bien assemblées, qu'elles produisent une tension suffisante, tout en permettant une légère articulation ou mouvement de genouillère, il est indispensable de ne percer les trous dans les semelles *g* et *g'* que sur place, afin de les régler avec la plus grande exactitude et d'opérer tout le serrement nécessaire.

Du tablier du pont. Sur les longerons des fermes on a établi un lit de madriers en chêne F, placés parallèlement à l'axe du pont, et accolés les uns contre les autres; ces madriers forment le plancher ou tablier du pont, ils ont environ 0^m09 d'épaisseur sur 0^m07 de large; leur longueur est égale à l'écartement qui existe entre deux fermes consécutives; c'est sur ce tablier que sont fixées les pièces de charpente G qui portent les rails méplats en fer H.

Comme le pont doit porter deux voies de rails, ainsi qu'il a été indiqué sur la section verticale fig. 3, la distance entre les fermes est nécessairement variable. Ainsi la largeur des voies de fer étant réglée à 1^m50, et la distance d'une voie à l'autre étant de 1^m85, on a dû évidemment placer les fermes suivant ces côtés: les fermes extrêmes sont les plus rapprochées, elles n'ont entre elles que 1^m20.

La longueur totale du pont, comprenant les trois arches, est, comme nous l'avons dit, de 13,40 mètres puisqu'il porte deux voies, il est susceptible, par conséquent, de recevoir et de supporter en même temps deux locomotives et leurs tenders.

Des garde-grèves. Sur les longerons de la première et de la dernière ferme, sont boulonnées les deux plates-bandes garde-grèves D en fonte, qui, à des distances de 1 mètre environ, portent des oreilles avancées *i*, fig. 12 et 13, sur lesquelles s'assemblent par des boulons les balustrades E. Ces deux plates-bandes sont chacune fondues en six parties, dont deux correspondent à chaque arc, et ajustées bout à bout; les trous pratiqués dans leurs semelles inférieures *h* correspondent à ceux de même diamètre percés dans l'épaisseur des longerons pour loger les boulons qui les assemblent, et, dans leur partie supérieure, ils sont aussi percés de trous taraudés pour recevoir les vis qui retiennent encore les balustrades.

Des balustrades. Ces dernières sont aussi fondues en plusieurs parties sur des longueurs de 1 mètre environ; chaque partie comprend six montants ou balustres angulaires, ayant en section la forme indiquée fig. 15 et 17; ils se raccordent et se réunissent vers le bas par une longrine boulonnée

et vissée sur les plates-bandes, et au sommet de leur partie supérieure, formée en ogive, par une règle méplate en fer forgé *j*, servant de barre d'appui.

POIDS DES PIÈCES EN FONTE ET EN FER QUI COMPOSENT LE PONT DE LA BRUSCHE.

Comme ces grands travaux de construction en métal s'estiment et se font généralement à tant le kilogramme, nous avons pensé qu'il serait utile de joindre à la description précédente la note exacte des poids des différentes pièces qui composent le pont de la Brusche, parce que ces données peuvent très-bien servir à faire connaître la valeur réelle ou le prix de revient d'un pont analogue, établi dans des localités différentes.

PIÈCES COMPOSANT LA PLUS GRANDE TRAVÉE OU L'ARCHE DU MILIEU.

NOMBRE de pièces.	DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS d'une pièce.	POIDS total des pièces.	NATURE des pièces.
		kil.	kil.	
6	Fermes de 5 mètres d'ouverture	1227.82	7367	en fonte.
2	Plaques de retombée	1592.50	3185	id.
2	Entretoises de 1^{m}102 de longueur	37	74	id.
2	— de 1^{m}372 —	48	96	id.
1	— de 1^{m}736 —	•	58	id.
4	— de 2^{m}120 —	71	284	id.
4	— de 2^{m}270 —	76	304	id.
2	— de 2^{m}310 —	84	168	id.
2	Plates-bandes garde-grèves	258	516	id.
36	Cales pour le règlement des fermes	2.35	84.6	en fer forgé.
48	Boulons pour les entretoises et les plaques de retombée	1.50	72	id.
46	Boulons de plate-bande	1	46	id.
	Poids total de la travée-milieu		12354.6	

PIÈCES COMPOSANT LES TRAVÉES LATÉRALES.

NOMBRE de pièces.	DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS d'une pièce.	POIDS total des pièces.	NATURE des pièces.
		kil.	kil.	
12	Fermes de 3 mètres d'ouverture............	694	8328	en fonte.
4	Plaques de retombée........................	1592.50	6370	id.
4	Entretoises de 1m670 de longueur...........	56	224	id.
4	— de 1m400 —	47	188	id.
4	— de 1m885 —	63	252	id.
4	— de 1m590 —	54	216	id
2	— de 1m983 —	100	200	id.
2	— de 2m520 —	85	170	id.
4	Plates-bandes garde-grèves..................	174	696	id.
72	Cales de règlement........................	2.35	169.2	en fer forgé.
76	Boulons de plaques de retombée.............	1.50	114	id.
64	Boulons de garde-grèves....................	1	62	id.
	Poids total des deux travées............		16989.2	

Ainsi le poids total de toutes les pièces de fonte et fer qui composent le pont de la Brusche, est de 29,243kil.8, sans les balustrades qui, pouvant varier suivant le dessin ou la nature du métal que l'on choisit, doivent évidemment être comptées à part de la construction.

Nous n'avons pas eu le prix exact de la construction de ce pont; nous croyons cependant qu'il a bien été payé à raison de 50 ou 55 fr. les 100 kil. tout ajusté et posé, ce qui ferait environ 15 à 16,000 fr. pour toutes les pièces de fer forgé et fonte douce; les travaux de maçonnerie pour les piles et les culées comme pour les fondations, ainsi que la charpente du plancher, sont nécessairement estimées séparément, et varient aussi beaucoup selon les localités.

On sait qu'à Paris les fontes de seconde fusion, en grosses pièces, se paient généralement encore aujourd'hui 40 fr. les 100 kil., et que les pièces en gueuse, de première fusion, reviennent à 17, 18 et 20 fr. En province, dans les grosses forges, on peut obtenir les fortes pièces moulées en fonte douce, à 28, 30 et 35 fr. les 100 kilogr.

Nous ferons remarquer, du reste, que le beau pont du Carrousel a été exécuté au prix de 50 fr. les 100 kilogrammes de fonte coulée, y compris les frais de modèles, l'ajustement et la pose. « Ce prix, nous écrivit son auteur, M. Polonceau, en réponse aux renseignements que nous lui avons demandés à ce sujet, est un prix moyen; les arcs et les entretoises sont

en fonte douce de deuxième fusion, de qualité supérieure; cette fonte devait se payer 55 fr. les 100 kilog. Les autres pièces, telles que les anneaux des tympans, les frises, etc., sont en fonte de seconde qualité, dite fonte truitée, qui ne vaut que 40 à 42 fr. les 100 kil. L'entrepreneur, M. Émile Martin, n'a point gagné sur les fontes de ce pont. »

DONNÉES RELATIVES A DIFFÉRENTS PONTS ÉTABLIS.

Pour compléter ces documents, peut-être ne sera-t-il pas sans intérêt de transcrire quelques données relatives aux ponts en fonte et en fer, à grandes portées, tels que ceux d'Austerlitz et du Carrousel, que nous tirons de l'ouvrage même de M. Polonceau.

DÉSIGNATION DES PARTIES PRINCIPALES.	PONT du Carrousel.	PONT d'Austerlitz.
	mètres.	mètres.
Ouverture totale entre les culées	151.00	178.00
Largeur	12.00	12.00
Nombre des fermes	5	7
Espacement des fermes	2.80	2.00
Cordes des arcs	47.70	33.00
Flèches des arcs	4.90	3.30
	kil.	kil.
Poids des fontes et fers d'une arche	256.000	173.000
Poids de son plancher avec ses trottoirs et sa chaussée	290.000	450.000
Poids total d'une arche	546.000	623.000
Et pour la totalité des arches	1.638.000 kil.	3.115.000 kil.
	mètre carré.	mètre carré.
Surface de la section d'un arc	0.076	0.303
Surface de section de tous les arcs d'une arche	0.380	0.212
Hauteur des arcs	0.86	1.30
Surface d'appui d'un arc contre un coussinet	0.85	0.26
Surface d'appui des fermes d'une arche sur tous les coussinets d'une culée ou d'une pile	1.20	1.82
Frais d'exécution	900.000 fr.	2 000.000 fr.

Les ponts d'Ivry et d'Asnières ont leurs arches en charpente, supportées par des culées et des piles en pierres meulières, avec angles et bandeaux en pierres de taille.

Le pont d'Ivry, composé de cinq arches, a 122 mètres de longueur entre les culées, et 7m50 de large; il a coûté 421,000 fr. sans les abords. S'il

avait été construit dans l'intérieur de Paris, avec 150 mètres de longueur, sur 15 mètres de large, il aurait coûté environ 590,000 fr.

Le pont d'Asnières, qui a 150 mètres d'ouverture et 7 mètres seulement de largeur, et qui est composé de 7 arches, a coûté 310,000 fr.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES FIGURES DES PLANCHES 39 ET 40.

La fig. 1 (pl. 39) est une élévation longitudinale du pont, faite sur un plan vertical parallèle à celui des fermes.

La fig. 2 est un plan général de la moitié de la largeur du pont; sur une partie sont représentés le plancher, les rails et leurs pièces de charpente servant de supports; sur l'autre, le tablier est enlevé pour laisser voir les fermes, les voussoirs et les entretoises.

Ces deux figures d'ensemble sont dessinées à l'échelle de deux centimètres pour mètre.

La fig. 3 (pl. 40) représente une coupe verticale faite suivant les lignes 1-2 du plan, mais à l'échelle de quatre centimètres pour mètre; elle montre très-bien la section et l'écartement des fermes, l'assemblage des entretoises, le plancher et les balustrades du pont.

La fig. 4 est une élévation latérale de l'une des plaques de retombée, à la même échelle que la précédente, et vue sur toute sa longueur; cette projection est faite sur un plan qui est exactement perpendiculaire aux fermes, et par conséquent incliné à 8 degrés sur ladite plaque.

La fig. 5 montre la projection horizontale d'une partie de cette plaque vue en dessus.

La fig. 6 est une coupe verticale faite suivant la ligne 5-6, à l'échelle de huit centimètres pour mètre; elle fait voir l'assemblage des fermes avec les voussoirs, la disposition et l'ajustement des coins ou cales de réglement.

La fig. 7 est une seconde section, faite suivant la ligne 7-8, et perpendiculairement au plan même des voussoirs; elle montre les évidements qui y sont ménagés, et l'inclinaison exacte de la partie inférieure.

Fig. 9. Coupe transversale de l'une des fermes A, perpendiculaire au milieu de sa longueur, et sur l'échelle double de la fig. 3.

Fig. 9. Plan d'un fragment de l'une desdites fermes, dans la partie des semelles qui reçoivent les entretoises.

Fig. 10. Section de l'un des tympans des fermes, faites au-dessous du longeron, suivant la ligne 3-4 de la fig. 8.

Fig. 11. Coupe transversale de l'une des entretoises de fonte, au milieu de la longueur, suivant la ligne 9-10 (fig. 3).

Fig. 12 et 13. Plan et section verticale d'une portion de plate-bande servant de garde-grèves et de support aux balustrades.

Fig. 14. Élevation d'une balustrade composée de six montants.

Fig. 15. Coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 13-14.

Fig. 16. Coupe verticale passant entre deux montants suivant la ligne 15-16.

Dans la fig. 3, on voit l'une des balustrades, celle de gauche, coupée comme sur cette fig. 16; mais l'autre, celle de droite, est représentée coupée par le milieu d'un montant suivant la ligne 1-2.

Les fig. 6 à 16 sont toutes dessinées à l'échelle de 8 centimètres pour mètre.

La fig. 17 montre, en section horizontale selon la ligne 17-18, l'un des montants de la balustrade, sur une échelle de 1/4.

FIN DU TOME DEUXIÈME.

TABLE RAISONNÉE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME DEUXIÈME

DE LA PUBLICATION INDUSTRIELLE

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

AUTEURS, MÉCANICIENS, INGÉNIEURS ET MANUFACTURIERS

QUI ONT ÉTÉ CITÉS DANS CE VOLUME

Pour leurs Ouvrages, pour leurs Inventions, ou pour leurs Travaux

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS, ETC.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOIT, 7.




Biblioteca Ateneu Barcelonès
1006168282